



# **MUSIIKILLISEN JÄNNITTEEN JA LIHASAKTIVAATION VÄLINEN YHTEYS BRAHMSIN RAPSODIASSA OP.79 NRO 1**

Riku Huomo

Anna Hytönen

Riina Häkkinen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2014  
Fysioterapian koulutusoh-  
jelma  
Musiikin koulutusohjelma  
Musiikkipedagogin ja esittä-  
vän säveltaiteen suuntautu-  
misvaihtoehdot

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Fysioterapian ja musiikin koulutusohjelmat  
Musiikkipedagogin ja esittävän säveltaiteen suuntautumisvaihtoehto

RIKU HUOMO, ANNA HYTÖNEN & RIINA HÄKKINEN:

Musiikillisen jännitteen ja lihasaktivaation välinen yhteys Brahmsin rapsodiassa op.79 nro 1

Opinnäytetyö 121 sivua, joista liitteitä 22 sivua  
Toukokuu 2014

Päätimme tutkia eri koulutusohjelmien opiskelijoina musiikillisen jännitteen ja lihasaktivaation välistä yhteyttä. Meillä oli mahdollisuus hyödyntää TAMK:n musiikin koulutusohjelman käytössä olevaa pianolaboratoriota, joka tarjosi hyvät puitteet tutkimuksellemme, ja siksi pystyimme tutkimaan pianonsoittoa, lihasaktivaatiota ja musiikillista jännitettä useasta eri näkökulmasta. Tämä myös mahdollisti moniammatillisen yhteistyömme.

Opinnäytetyömme tavoitteena oli löytää tekijöitä, joilla voisi edistää pianistien työhyvinvointia, ehkäistä työkyvyttömyyttä ja siten pidentää työuria. Tarkoituksena oli selvittää valitsemiemme musiikillisen jännitteen parametrien (harmonia, dynamiikka ja melodiset ääri viivat) ja pianistien yläraajojen sekä yläselän lihasten lihasaktivaation välistä yhteyttä pianonsoiton aikana. Tutkimusongelmanamme oli selvittää, miten lihasaktivaatio on yhteydessä Brahmsin rapsodian (op. 79 nro 1) musiikillisen jännitteen edellä mainittuihin kolmeen parametriin. Tutkimme myös oliko soittajien välillä eroa soittoon tarvittavan lihasaktivaation määrässä ja mistä mahdolliset soittajien väliset erot lihasaktivaation määrässä johtuivat.

Tutkimukseemme osallistuneet kaksi pianistia pitivät harjoituspäiväkirjaa valitun teoksen harjoittelusta, ja heidän esitietojaan selvitimme kyselylomakkeella. Tässä yhteydessä heille toteutimme myös ryhtitarkastukset sekä liikkuvuus- ja puristusvoimamittaukset. Hyödynsimme musiikillisen jännitteen ja lihasaktivaation tutkimisessa EMG-mittauslaitteistoa ja pianolaboratorion äänitys- sekä kuvataktiointimahdollisuuksia. Käytimme pianolaboratoriossa olevaa Yamaha Disklavier -soitinta, jolla pystyimme tutki-  
maan myös kosketusnopeutta.

Opinnäytetyössämme pianistien lihasaktivaation mallissa ja soittotavoissa oli yhteisiä piirteitä, mutta myös eroja. Musiikillinen jännite näyttäisi olevan yhteydessä lihasaktiiviteettiin selvimmin teoksen dynamiikan osalta. Pianistien välisiä EMG-tulosten eroja selittävät parhaiten heidän eriävä tapansa käyttää vartaloaan ja yläraajojaan. Opinnäytetyömme ei varsinaisesti tuottanut täysin uutta tietoa, mutta vahvasti käsityksiämme musiikillisen jännitteen ja lihasaktivaation välisestä yhteydestä. Jotta aiheesta voitaisiin tehdä yleistettävissä olevia johtopäätöksiä, olisi syytä toteuttaa lisää tämän tapaisia tutkimuksia suuremmalla otannalla.

Asiasanat: pianonsoitto, musiikillinen jännite, lihasaktivaatio, ergonomia

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree programmes of music and physical therapy  
Options of music pedagogy and performing arts

RIKU HUOMO, ANNA HYTÖNEN & RIINA HÄKKINEN:

The connection of musical tension and muscle activation in Brahms Rhapsody op.79 no.1

Bachelor's thesis 121 pages, appendices 22 pages  
May 2014

---

We decided to explore the connection between musical tension and muscle activation. We had an opportunity to utilize a piano laboratory, which is used by music students of Tampere University of Applied Sciences. In the laboratory we studied piano playing, muscle activation and musical tension. Since we are students from different degree programmes, we were able to investigate this topic from various points of view.

Our aim was to find factors that could improve the well-being of pianists and to prevent inability to play in order to lengthen the careers of pianists. The purpose of our thesis was to investigate the connection between three different parameters of musical tension (harmony, dynamics and melodic contour) and muscle activation of muscles from upper back and upper limbs. Our research problems were to explore how muscle activations model is connected to the three parameters' model of musical tension in Brahms Rhapsody op. 79 no. 1. We also investigated is there a difference in the amount of muscle activation the pianists need while playing and what are the reasons for possible differences in the amount of muscle activation.

Two pianists who took part in our research, held a diary of practising the composition. We found out their history of piano playing with a questionnaire, and also executed posture inspections, mobility and grip force measurements to them. We used EMG-measurement and the recorders and cameras the piano laboratory offered to investigate the connection between musical tension and muscle activity. We also used a Yamaha Disklavier grand piano, with which we were able to measure the pressing speed of the keys during playing.

There were similarities between the model of muscle activations and the playing manners between the pianists, but also some differences. It seems that the dynamics of the composition show the strongest connection between musical tension and muscle activation. The differences in muscle activation between the pianists results from their different ways of using their body and upper limbs. We weren't able to find anything that hasn't already been found, but we were able to strengthen assumptions of the connection of musical tension and muscle activation during piano playing. In order to make universal conclusions about the topic, additional work is needed with larger amount of pianists.

---

Key words: piano playing, musical tension, muscle activation, ergonomics

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	10
2	PIANONSOITTO FYYSISENÄ AMMATTINA.....	13
2.1	Pianonsoiton ergonomia .....	14
2.2	Pianistin soittoasento .....	17
3	YLÄRAAJA – SOITTAJAN TYÖVÄLINE .....	20
3.1	Olganivel.....	20
3.1.1	Olganivelenseudun lihasten merkitys pianonsoitossa.....	22
3.1.2	Hartia- ja epäkäslihasten käyttö pianonsoitossa.....	23
3.2	Kyynärnível .....	24
3.3	Ranteen, kämmenen ja sormien rakenne ja toiminta .....	27
4	HERMOSTO - JÄRJESTELMÄ LIIKKEEN TAUSTALLA .....	34
4.1	Liikkeen aikaansaavat hermoston eri osat .....	34
4.2	Motoneuronin eli liikehermosolun rakenne ja toiminta.....	35
4.3	Aktiopotentiaali - sähköinen viesti liikkeen taustalla .....	36
5	ELEKTROMYOGRAFIA.....	38
6	MUSIIKILLINEN JÄNNITE.....	40
6.1	Musiikillinen jännite ja emootio .....	41
6.2	Musiikillinen jännite ja musiikilliset odotukset.....	45
7	BRAHMSIN RAPSODIA OP. 79 NRO 1 .....	49
7.1	Harmonia .....	49
7.2	Dynamiikka.....	53
7.3	Melodiset ääriwiivat .....	53
8	TUTKIMUSONGELMAT .....	55
9	TUTKIMUSMENETELMÄT .....	56
10	TUTKIMUKSEN ETENEMINEN .....	62
10.1	Pianistien esitietojen selvittäminen.....	62
10.2	Pianolaboratoriolla toteuttamamme mittaukset .....	63
10.3	Pianolaboratoriolla keräämämme materiaalin analysoinnin kuvaus .....	65
11	TUTKIMUKSEEN OSALLISTUNEIDEN PIANISTIEN ESITIEDOT.....	66
11.1	Havainnot pianistien harjoittelupäiväkirjoista .....	66
11.2	Pianistien nykytila kyselylomakkeen perusteella .....	68
11.2.1	Liikuntatottumukset .....	69
11.2.2	Ryhdin havainnointi .....	69
11.2.3	Nivclten liikkuvuus, käsien puristusvoima ja sormien ulottuvuus.....	70

12 TUTKIMUSTULOKSET .....	72
12.1 Pianistien EMG-tulosten yhtäläisyydet .....	72
12.2 Pianistien väliset eroavaisuudet EMG-tulosten ja äänitteiden perusteella .....	74
12.3 Logic Pro:lla tehdyt havainnot kosketusnopeudesta.....	78
12.4 Pianolaboratoriolla saatujen tulosten vertailu musiikillisen jännitteen parametrien kanssa.....	82
12.5 Havainnot pianistien esitysten videoinneista .....	83
13 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	86
13.1 EMG-tuloksista, videoinneista sekä Logic Pro:sta saadut johtopäätökset .....	86
13.2 Johtopäätökset liittyen musiikilliseen jännitteeseen .....	88
14 POHDINTA.....	91
14.1 Mahdolliset jatkotutkimukset .....	93
14.2 Oman oppimisemme arviointi .....	95
15 LÄHTEET .....	97
LIITTEET .....	100
Liite 1. Brahmsin rapsodian op. 79 nro 1 .....	100
Liite 2. Musiikillisen jännitteen kolmen parametrin malli .....	109
Liite 3. Esitietolomake pianisteille .....	114
Liite 4: Pianolaboratorion taltiointikokonaisuuteen kuuluva laitteisto .....	121

## ERITYISSANASTO

Koska opinnäytetyömme on kahden eri koulutusohjelman yhteinen tuotos, termilistassa on musiikissa ja fysioterapiassa yleisessä käytössä olevia termejä lukemisen helpottamiseksi.

abduktio	loitonnus
adduktio	lähennys
aktiivinen liike	lihastyötä hyödyntäen tuotettu liike
ambitus	ääniala, rekisteri
anteriorinen	edessä sijaitseva tai etupuolinen
articulatio (art.)	nivel
art. radioulnaris	värttinä- ja olkaluun välinen nivel
art. acromioclavicularis	solisluun ja olkalisäkkeen välinen nivel
art. carpometacarpalis (CMC)	kämmen luiden proksimaalipään ja distaalisen ranneluurivin välinen nivel
art. glenohumeralis	lapa- ja olkaluun välinen nivel
art. humeroradialis	olka- ja varttinäluun välinen nivel
art. humeroulnaris	olka- ja kyynärluun välinen nivel
art.interphalangealis distalis (DIP)	distaalisin sorminivel
art interphalangealis pollicis	peukalon luiden välinen nivel
art. interphalangealis proximalis (PIP)	keskimmäinen sorminivel
art. mediocarpea	distaalinen rannenivel
art. metacarpophalangealis (MCP)	kämmen ja sormiluiden välinen nivel
art. radiocarpea	proksimaalinen rannenivel
art. scapulothoracalis	lapaluun ja rintakehän välinen nivel
art. sternoclavicularis	solisluun ja rintalastan välinen nivel
asteikko	joukko säveliä tietyssä säveljärjestelmässä tai muussa musiikillisessa yhteydessä, esim. tonaalisessa musiikissa perusasteikkona C-duuriasteikko
os clavícula	solisluu
crescendo	voimistuen, lyhenne cresc. (dynamiikka)
depressio	alaspainaminen

diminuendo	hiljentyen, lyhenne dim. (dynamiikka)
distaalinen	kärjenpuoleinen, ulommainen asia
dominantti	asteikon 5. sävel, huippusävel, tai sointu, joka rakennetaan asteikon 5. sävelen päälle (ital.dominante eli hallitseva)
dorsaalifleksio (dorsifleksio)	ojennus (ranteen)
dynamiikka	musiikissa tarkoittaa äänenvoimakkuutta ja sen vaihteluita
ekstensio	ojennus
elevaatio	kohotus
enharmonia	tasavireisissä soittimissa, kuten pianossa, sävelillä tai soinnuilla on useita nuotinnustapoja, vaikka kosketin ja kuulokuva ovat täsmälleen samat
epicondylus lateralis	ojentajalisäke
epicondylus medialis	koukistajalisäke
fenotyyppinen emotio	ympäristön vaikutuksesta muuttuva emotio
fleksio	kouistus
genotyyppinen emotio	perimästä johtuva emotio
goniometri	mittausväline, jolla voidaan mitata kehon osien liikkeiden laajuutta
harhalopuke	päätökseen johtava sointukulku, jossa dominanttia seuraakin jokin muu kuin toonikasointu, tavallisesti VI asteen sointu
harmonia	sointujen luokittelua ja käyttöä tarkoittava yleiskäsite, käytetään myös synonyymina sanalle sointu
humero-scapulaarinenrytmi	rytmi, jossa olkaluu ja lapaluu liikkuvat suhteessa toisiinsa olkanivelen abduktion aikana
humerus	olkaluu
kadenssi	sointukulku, joka päättää teoksen tai sen osan ajattelu, tajunnan sisältö, tieto, havaitseminen
kognitio	musiikin värittämistä sävellajiin kuulumattomilla, mutta siitä johdetuilla sävelillä
kromatiikka	

kyfoosi	rintarangan taaksepäin työntyvä kaari
kylkikolmio	yläraajan ja kyljen väliin jäävä alue seistessä
lateraalinen	keskilinjasta sivulla oleva
ligamentti	nivelside
lordoosi	lannerangan notko tai eteenpäin työntyvä kaari
m. abductor digitiminimi	pikkurillin lähentäjälihas
m. biceps brachii	kaksipäinen hauislihas
m. brachialis	olkavarsilihas
m. brachioradialis	olka-värttinäluulihas
m. deltoideus	hartialihäs
m. pronator quadratus	nelikulmainen sisäkiertäjälihas
m. pronator teres	kolmipäinen sisäkiertäjä lihas
m. supinator	ulkokiertäjä lihas
m. trapezius	epäkäslihas
m. triceps brachii	kolmipäinen ojentajalihas
manuaalinen lihastestaus	käsin toteutettu lihasvoiman arviointimenetelmä, jossa vastustetaan koehenkilön aktiivisesti tuottamia liikkeitä (esim. olkavarren abduktio)
m. masseter	ulompi purentalihas
mediaalinen	keskellä oleva
mediantti	välittäjä, duuri- ja molliasteikkojen 3. tai 6. sävel
mm. interossei dorsales	käden selän luuvälilihakset
mm. lumbricales	käden käämilihakset
op.	opus, teos
oppositio	vastaan asettaminen
ossa metacarpi	kämmenluut
ossa carpi	ranneluut
palmaarifleksio	ranteen taivutus kämmenen puolelle
partituuri	teoksen nuotti tai nuotit, nuottitekstuuri (engl. score)
passiivinen liike	ilman aktiivista lihastyötä tuotettu liike (esim. terapeutti liikuttaa potilaan raajaa tämän puolesta)



perusemootio	universaalisti esiintyvät ja tunnistettavissa olevat tunteet, joita ovat ilo, suru, viha, pelko, hämmästyks ja inho
phalanges	sormiluut
posteriorinen	takana sijaitseva tai takapuolella oleva
proksimaalinen	tyven- tai vartalonpuoleinen
pronaatio	sisäkierto
radiaalideviaatio	ranteen taivuttaminen radiusen puolelle
radius	värttinäluu
scapula	lapaluu
subdominantti	duuri- tai molliasteikon 4. sävel tai sen päälle rakennettu sointu
sointi	äänenväri, äänenlaatu
supinaatio	ulkokierto
tonaalisuus	1600-luvulta lähtien kehittynyt länsimainen duurimolli-järjestelmä
toonika	perussävel, duuri- tai molliasteikon ensimmäinen sävel tai perussointu
ulna	kyynärluu
ulnaarideviaatio	ranteen taivuttaminen ulnan puolelle
urkupiste	useimmiten bassossa esiintyvä sävel, joka pysyy samana sointuvaihdoksista huolimatta
VAS-kipujana	10cm pitkä vaakasuora viiva, jonka vasemmassa päässä on ”ei kipua” vaihtoehto ja oikeassa ”pahin mahdollinen kipu”. Kipua arvioiva henkilö merkitsee janalle pystyviivan janan ääripäiden välille siihen kohtaan, joka kuvaa hänen sen hetkisen kipunsa voimakkuutta. Tulos ilmaistaan mittaamalla pystyviivan etäisyys vaakaviivan vasemmasta päästä.

## 1 JOHDANTO

Pianistin ammatti on erittäin vaativa sekä fyysisesti että henkisesti. Pianistien on tehtävä töitä lukemattomia tunteja saadakseen harjoittelemansa teokset hiottua sellaiselle tasolle, jotta ne voidaan esittää julkisesti (Watson 2006, 527). Kappaleet, joita soitetaan ja esitetään, ovat soittoteknisesti vaikeita, osa jopa lähes epäinhimillisiä käden asentoja, nopeutta ja tarkkuutta vaativia, minkä seurauksena pianistin tärkeimmät työkalut, hänen kätensä, ovat alituisesti kovankin kuormituksen alaisena (Blum & Peltomaa 2002; Kärkkäinen, Perttunen, Ruippo & Saari 2013, 1).

Yhtenä instrumentin soittoon liittyvänä tavoitteena pidetään rentoutta soittamisen aikana (Heiskanen & Joukamo-Ampuja 2008). Tämä ei välttämättä ole aina täysin mahdollista kappaleen vaatimustason kasvaessa riittävästi. Siksi pianisteilla voi esiintyä yläraajoissa ja yläselässä lihasjännitystä, joka voi häiritä soittamista. Lisäksi pianistit joutuvat usein työskentelemään aikataulutetusti, ja heihin kohdistuu suuria vaatimuksia, mikä voi aiheuttaa stressiä, ja edelleen provosoida tarpeettomia jännitystiloja pianistien kehossa. (Kärkkäinen ym. 2013, 1–2.) Esitettävä kappale voi olla myös tyyliältään sellainen, ettei täysin rento soittotapa ole mahdollinen eikä välttämättä sen tyylin mukainen.

Soittaminen vaatii tarkkaa ja koordinoitua sormien, käsien, kyynär- ja olkavarsien, vartalon sekä myös alaraajojen käyttöä. Pianistit joutuvatkin käyttämään koko fysiikkaansa ja kaikkia lihaksiaan soittaessaan (Samama 2001, 19). Yleensä oletetaan, että pianistit tarvitsevat vain sormiaan ja käsiään tuottaakseen musiikkia, mutta heidän on kuitenkin oltava hyvin kokonaisvaltaisesti sekä fyysisesti että henkisesti läsnä musiikin tuottamisessa, mikä on yllättävänkin kuormittavaa. Konserttitilanne on karkeasti verrattavissa urheilijan kilpasuoritukseen kuormittavuudeltaan (Kärkkäinen ym. 2013, 1).

Engströmin (1998) mukaan: ”Musiikki on liikettä, sävelten ja rytmien liikettä.” ”Ruumiin ja aistien liikettä.” ”Liikettä, joka edellyttää samanaikaisesti ruumiin ja sielun mukanaoloa.” (Bojner-Horwitz & Bojner 2007, 15). Musiikissa on voimia, jotka voivat vaikuttaa ihmiseen monin eri tavoin: fyysisesti, mentaalisesti, emotionaalisesti, visuaalisesti ja sosiaalisesti (Bojner-Horwitz & Bojner 2007, 70). Musiikkitieteilijät (Cooke 1959) uskovat musiikin herättävän laajan kirjon voimakkaita ja hyvin erityisiä tunneti-

loja (Krumhansl 1997, 336). On esitetty, että tunnereaktioilla on vaikutusta sellaisiin fysiologisiin muutoksiin, joita musiikin kuuntelu aiheuttaa. Arringtonin (1954) mukaan näitä muutoksia voi tapahtua esimerkiksi hengityksessä, pulssissa, lihasrefleksissä ja kehon sähkönjohtokyvyssä (Bojner-Horwitz & Bojner 2007, 50). Juslin Slobodan (2001) mukaan musiikki saattaa laukaista myös ilmaisuvoimaisia käyttäytymismuotoja, esimerkiksi kasvojen ilmeitä.

Musiikilla voi siis olla hyvin kokonaisvaltainen vaikutus kuulijaan, puhumattakaan pianistista, joka kuulee, tuntee ja kokee musiikin sisällään ja samanaikaisesti tuottaa sen ulos fyysisesti. Pianistin täytyy olla läsnä hetkessä ja näin luoda uskottava tunnetila, toisaalta taas kuunnella aktiivisesti soittoaan ja reagoida siihen niin, että jännite säilyy myös teoksen tulevissa tapahtumissa, kuitenkin paljastamatta tulevaa tunnetilaa tai tapahtumaa liian aikaisin. Pianisti toimii ikään kuin ”playback-koneistona”, jonka nauhuri pyörii pianistin pään sisällä ja kaiuttimen virkaa hoitavat sormet sekä instrumentti.

Musiikkia kuunnellessa mieleen alkaa yleensä automaattisesti syntyä erilaisia odotuksia siitä, mitä musiikissa seuraavaksi voisi tapahtua. Kuulokuvan ja musiikillisen odottamisen välisellä vuorovaikutuksella oletetaan olevan keskeinen rooli musiikin jännitteiden ja niiden purkauksien luomisessa (Krumhansl 2002, 45). Musiikkiin on usein myös tietoisesti sävelletty tarinoita. 1800-luvulla ei esimerkiksi riittänyt, että musiikki saattoi kuulijan vain johonkin tiettyyn mielentilaan, vaan sen oli lisäksi myös kerrottava jostakin. Aiheena saattoi olla esimerkiksi jokin satu. Musiikki saattoi myös kuvata luonnon tunnelmia (Bojner-Horwitz & Bojner 2007, 22).

Musiikillista jännitettä voidaankin verrata elokuvan katselemisen tuottamaan jännitykseen. Elokuvan juonen edetessä katsojalle alkaa muodostua odotuksia tapahtumien tulevasta kulusta sen mukaan, mitä henkilöt ovat sanoneet tai tehneet toisilleen, millaisissa ympäristöissä ja tapahtumissa liikutaan, millainen musiikki taustalla soi jne. Sävellys on verrattavissa elokuvan tarinaan, sillä siinä esiintyvät teemat ovat ikään kuin teoksen henkilöitä ja tapahtumia, jotka linkittyvät toisiinsa syy-seuraussuhteessa. Koettu jännite riippuu siitä, millaisia nämä kappaleen teemat ovat sekä millaisia muita parametreja (kuten tempo, dynamiikka ja harmonia) kappaleessa esiintyy. (Kyrö 2013.)

Päätimme alkaa tutkia musiikillisen jännitteen ja lihasaktiiviteetin välistä yhteyttä kiinnostuksemme herättyä siihen, kuinka paljon musiikin tuottaminen todella vaatii yläraajan lihasaktiiviteettia.

## 2 PIANONSOITTO FYYSISENÄ AMMATTINA

”Muusikko joutuu usein rasittamaan kättään todella paljon. Varsinkin kielijä ja kosketinsoittajien ohjelmistossa on runsaasti kappaleita, joissa toistoliikkeiden määrä on uskomaton. Pianisti voi joutua soittamaan tuhatkin nuottia minuutissa. Eräässä tutkimuksessa mestaripianisti soitti 4 minuutin aikana 5 595 nuottia. Tämä vaati 72 sormiliikettä sekunnissa molemmissa käsissä. Tämä on ääriesimerkki muusikon käteen kohdistuvista vaatimuksista, mutta se antaa käsityksen siitä, millaisiin tavoitteisiin ammattimuusikko pyrkii.” (Vastamäki 1999.)

Huolimatta pianonsoiton ulkoisesta olemuksesta, joka usein on varsin vähäeleistä, se on yllättävänkin raskasta ja kuormittavaa fyysistä työtä. Pianon soittamista on verrattu urheilusuoritukseen, joka on lähtökohtaisesti varsin hyvä vertaus: kumpaanakin liittyy pitkä fyysinen ja mentaalinen harjoittelujakso ja painiminen sopivan harjoittelun määrän ja levon välillä (Kärkkäinen ym. 2013, 1). Muusikko on siis ikään kuin urheilija, jonka on käytettävä kaikkia lihaksiaan ja pyrittävä kehittämään ja ylläpitämään kuntoa (Samaa 2001, 19). Jos verrataan konsertin soittamista ja urheilusuoritusta tilanteina, pianonsoittoon liittyy tekijöitä, jotka saavat konsertista omalla tavallaan uniikin verrattuna urheilusuoritukseen. Harjoittelun kannalta urheilija ja muusikko ovat varsin lähellä toisiaan, mutta urheilijan ja muusikon ”näytön paikat” ovat huomattavan erilaiset.

Konserteissa ja esiintymisissä muusikkoihin kohdistuu suuria vaatimuksia: esityksen on onnistuttava vähintään yhtä hyvin kuin viimeisen harjoituksen tai studiossa tehdyn kappaleen nauhoituksen, mikä voi olla jopa lamauttavaa muusikon kannalta. Ilman korkeita standardeja yleisön hyväksyntä, ja siten muusikon ura, voi olla vaakalaudalla. Tämän takia myös muusikon itsearvostus voi pettää. Lupaavan aloittelevan muusikon potentiaali saattaa valua hukkaan paineiden ollessa suuret. (Roemann 1991.) Monia soittamiseen ja esiintymiseen liittyviä fyysisiä ja psykologisia sairauksia voidaan vähentää, mikäli muusikkoa ohjataan alusta alkaen harjoittelemaan hyvää ryhtiä, soittotekniikkaa, soinnin harjoittelumalleja ja rakentavaa asennetta erinomaisuutta ja virallista esiintymistä kohtaan (Jones 2001).

Artikkelissa Preventing Performance Injuries (Jones 2001) todetaan, että tyypillisimmin muusikoiden vaivat johtuvat liiallisesta harjoittelusta, vaikkakin osa asiantuntijoista on

sitä mieltä, että vaivat aiheutuvat ennemmin muusikon vääränlaisesta tavasta käyttää kehoaan kuin sen liiallisesta käytöstä. Esiintyviin taiteisiin erikoistunut kiropraktikko ja the Percussive Arts Health and Wellness komitean puheenjohtajana toimiva Darin Workman on artikkelin haastattelussa todennut seuraavasti: ”Ihmiskeho on tarkoitettu liikkumaan. Mikäli kehossa ilmaantuu liikkeen seurauksena kipua, sitä ei käytetä, niin kuin pitäisi.” Vastaavasti Victor Sazer, joka opettaa sellonsoittoa useissa musiikkikorkeakouluissa, on todennut: ”Ei ole epäilystäkään siitä, etteikö toistuva liike voi aiheuttaa ongelmia, mutta näin ei välttämättä ole. Jotkin toistuvat liikkeet itse asiassa laukaisevat jännittyneisyyttä. Ihmiskehon viestien ymmärtäminen antaa muusikoille apuvälineitä terveen ja virheellisen soittotavan erottamiseksi.” (Jones 2001.)

Ylirasitus voi aiheuttaa vammoja soittajalle. Muusikon työstä aiheutuva epäsäännöllisyys on yksi syy siihen, miksi erilaisia rasitusvammoja voi ilmetä: erilaisina juhla-aikoina harjoittelun määrää voi joutua lisäämään vaarallisen paljon. Muita syitä ovat esimerkiksi puutteellinen lämmittely, harjoittelun huono tauottaminen tai fyysisesti jännittyneenä tai henkisesti stressaantuneena harjoittelu. Muun muassa nämä asiat kasvatavat muusikon riskiä aiheuttaa jopa pysyviä vaurioita itselleen. (Jones 2001.)

Pianistin tekemän fyysisen työn määrään kappaleen soiton aikana vaikuttavat ainakin pianistin fyysinen koko ja esitettävän kappaleen asettamat haasteet, kuten esimerkiksi sen tekninen vaikeus ja pituus. Nämä seikat korreloivat soitossa tarvittavaan lihastyöhön ja lihasten aktivaation määrään. On todettu, että ylikuormitus harjoittelussa on yhteydessä muusikoiden rasitusvammoihin (Jones 2001).

## **2.1 Pianonsoiton ergonomia**

Musiikin opiskelu on yleisesti mielletty pikemminkin taiteellisena kuin fyysisenä toimintana, mistä kertoo osaltaan se, ettei 1970-luvulla musiikin opetussuunnitelmaan kuulunut vielä lainkaan ergonomisia oppiaineita. Soiton opetuksessa keskityttiin paremmin siihen, miltä musiikin pitää kuulostaa, jolloin huomiotta on jossain määrin jäänyt muusikon kehon viestien kuuntelu. Muusikot on nähty ikään kuin taiteen eteen uhrautujina, joiden tehtävänä on antaa kaikkensa musiikille. (Hirvikangas 2007, 8.) Muusikoille on myös ollut tyypillistä fyysisistä vaivoista vaikeneminen (Jones 2001). Nyky-

ään on enemmän tietoa muusikon ergonomiasta, ja tietoa siitä pyritään levittämään musiikkioppilaitoksissa. Tästä huolimatta ergonomiaopetus on kuitenkin kirjavaa. Vaikka musiikki on ensisijainen asia, sitä ei voi olla, jos soittaja tai instrumentti on epäkunnossa. (Hirvikangas 2007, 8.)

Pianonsoiton fyysisessä ergonomiassa tarkastellaan kuinka soitto sopeutetaan ihmisen anatomisiin ja fysiologisiin lainalaisuuksiin. Keskeisiä aiheita ovat soittoasennot. (Bärlund 2010, 3-4.) Pianonsoiton persoonallinen tapa ja tulkinta antavat soittajalle vapauksia, mahdollisuuden luovuuteen ja omaan tyyliin, joka tekee jokaisesta pianistista ainutlaatuisen. Näihin vaikuttavat luonnollisesti myös pianistin fyysiset ominaisuudet: muun muassa käsien koko, yläraajojen pituus, vartalon koko ja yleiskunto. Soittajien käsiongelmiin taustalla voikin olla soittajan ruumiinrakenne tai väärä soittotapa (Vastamäki 2001, 4994).

Pianistin fyysiset ominaisuudet ovat tiiviisti yhteydessä siihen tapaan, miten hän voi kehoaan käyttäen tuottaa musiikkia. Soittajan ja laulajan tulisi tiedostaa kehonsa, nivellensä ja lihaksensa sekä löytää luonnollinen, kehoa vähiten kuormittava perusasento. (Porander 2008.) Soittajien olisi myös hyvä tietää millä lihaksilla ylläpidetään ja hallitaan soittoasentoa, ja mitä tarvitaan soitossa tarvittavien liikkeiden tuottamiseen. Hyvällä lihaksien hallinnalla on myös yhteys sointiin (Porander 2008; Bärlund 2010, 1–2.)

Soittajan koko vaikuttaa luonnollisesti pianistin soittoasentoon ja etäisyyteen soittimesta. Tämä taas vaikuttaa siihen, kuinka soittaja voi tuottaa musiikkia. Fyysinen koko tuo omat haasteensa myös ergonomisen ja edullisen soittoasennon löytämiselle, mikä on erityisen oleellista rasitusvammojen ehkäisyssä ja soittajan uran jatkumiselle. Soittaja pystyy hyvällä asennon hallinnalla vähentämään soitossa tarvittaviin lihaksiin kohdistuvaa rasitusta (Samama 2001, 19).

Soitossa pyritään tyypillisesti mahdollisimman vähän soittajan kehoa kuormittavaan soitto tapaan eli mahdollisimman hyvään soitto tekniikkaan, mikä toteutuu hyvällä soitto asennolla ja kehonhallinnalla. Taustalla on ajatus siitä, että muusikko voi käyttää kehoaan mahdollisimman tehokkaasti ja vaivattomasti ja samalla ehkäistä rasitusvammoja. Soittotekniset ongelmat ovat usein syynä muusikon käsivaivaan. (Vastamäki 1999.)

Pienikätiset pianistit kohtaavat monia soittoteknisiä ongelmia, mikä johtuu pianon koosta. Jos soittajalla on erityisen pienikokoiset kädet, voi pianon koskettimiston koko aiheuttaa teknisiä vaikeuksia soittajalle ja myös hankaloittaa pianistin onnistumista urallaan. (Hallbeck & Wristen 2009.) Pienikokoiselle soittajalle voi aiheutua niin vaikeita rasitusvaivoja soittimen suuresta koosta johtuen, että ne lopulta estävät soittamisen (Vastamäki 2001, 4994). Isokätisillä soittajilla koskettimiston koko ei aseta vastaavia teknisiä vaikeuksia, mutta heillä yläraajaan kohdistuvissa tuki- ja liikuntaelin vaivoissa voi olla taustalla huono soittotekniikka tai käden ja instrumentin välinen epäsuhta. (Bärlund 2010, 11 – 12.) Vaikuttaisi kuitenkin siltä, että pienikätisillä pianisteilla voi olla enemmän vaikeuksia soitossaan verrattuna suurikätisiin (Hallbeck & Wristen 2009).

Käden koko ylipäättään vaikuttaa siihen, miten pianisti voi instrumenttiaan soittaa, mutta siihen vaikuttaa myös käden tarkemmat rakenteelliset yksityiskohdat, jotka vaihtelevat henkilöstä riippuen. Sormien asento toisiinsa ja käteen nähden, kämmenluiden välinen etäisyys toisistaan, sormien pituus, sormien välillä olevan ihoverkon (skin webbing) määrä ja käden lukuisten eri nivelien joustavuus sekä niiden liikkeiden laajuus vaikuttavat muun muassa käden biomekaanisiin ominaisuuksiin. (Hallbeck & Wristen 2009.)

Soitosta aiheutuvien rasitusvammojen määrää voidaan vähentää, kun soiton kuormittavuus minimoidaan soittoasennon ja -tekniikan korjaamisella. Tämä voi parhaassa tapauksessa mahdollistaa tuki- ja liikuntaelinvaivojen kanssa painineen pianistin uran jatkamisen. On siis oleellista, että muusikko pystyy käyttämään kehoaan suhteessa instrumenttiinsa mahdollisimman tehokkaasti ja vähän kuormittavasti. Kehon ollessa tasapainossa oikeista liikeradoista tulee automaattisia, jolloin pianisti voi keskittyä kappaleen tulkintaan (Bärlund 2010, 1–2).

Erilaisten fyysisten ongelmien ehkäisemiseksi on tärkeää muistaa hyvän yleiskunnon ylläpitäminen voimistelun ja liikunnan avulla (Vastamäki 1999). Jonesin (2001) haastattelema esittäväntaiteen lääketieteellinen asiantuntija, Richard Norris, suosittelee muusikoille kokonaisvaltaista harjoitusohjelmaa, joka koostuisi sydän- ja verenkiertoelimistöä harjoittavasta liikunnasta, liikkuvuusharjoittelusta (venyttelystä) ja voimaharjoittelusta. Hän huomauttaa myös, että tyypillisesti muusikot pitävät erityisen hyvää huolta instrumenteistaan, mutta kehon huolto jää vähemmälle.



Hallbeck ja Wristen (2009) tutkivat, miten pianon koskettimien koon muuttaminen vaikuttaa soitossa tarvittavan lihasaktiviteetin määrään. Tutkittavina lihasryhminä heillä oli masseter- ja trapeziuslihakset sekä sormien koukistajat ja ojentajat. Tutkimukseen osallistui ammattipianisteja ja aloittelevia soittajia, joiden pikkusormen ja peukalon päiden välinen etäisyys on 203mm tai vähemmän. Poikkeuksetta oli nähtävissä, että soitossa tarvittavan lihasaktiviteetin määrä väheni, kun pianon koskettimien koko oli 7/8 tavallisesta koostaan (tutkimuksessa käytetyn Steinwayn L-mallin soittimen oktaavin pituus oli 16,51 cm ja 7/8 kokoisessa vastaavasti 14,07cm). Tosin muutos lihasaktiviteetissa oli pieni ( $p < 0,05$ ), mutta tilastollisesti merkitsevä. Kyselylomakkeen perusteella 7/8 koskettimistolla soittaminen koettiin miellyttävämmäksi kuin normaalikokoisilla koskettimilla. (Hallbeck & Wristen 2009.)

## 2.2 Pianistin soittoasento

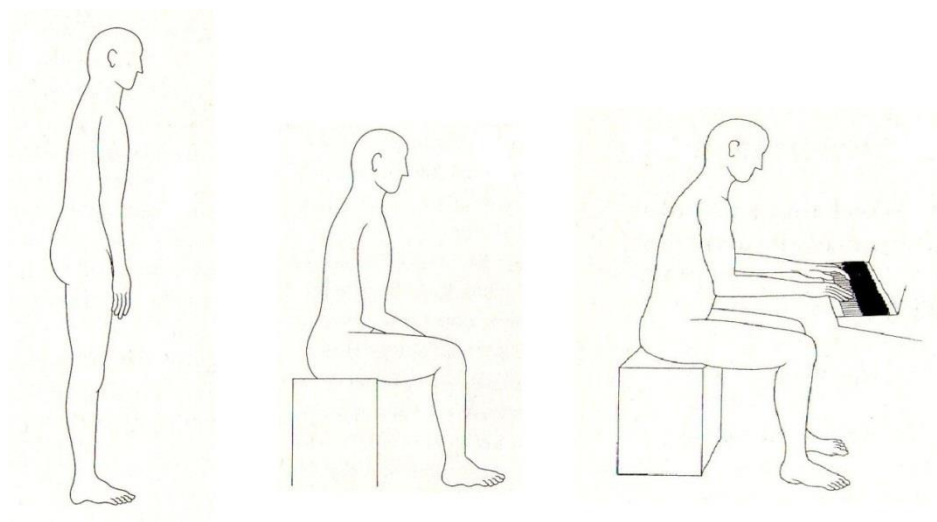
Hyvällä asennolla tai ryhdillä tarkoitetaan kehon asentoa, jossa niveliin kohdistuu mahdollisimman vähän kuormitusta. Kun ryhti on hyvä, asennon ylläpitoon tarvitaan vain vähän lihasaktiviteettia. Staattinen asento, joka lisää niveliin kohdistuvaa kuormitusta, on virheellinen asento. (Magee 2008, 972.) Pianoa soitettaessa olisi siis syytä kiinnittää huomiota hyvään ja ryhdikkääseen istuma-asentoon, jossa luonnolliset selkärangan kaaret säilyvät (Porander 2008).

Hyvä istuma-asento on tärkeä asia istuville soittajille (Jones 2001). Hyvä soittoasento on hyvän soittotekniikan perusta. Tämän lisäksi sillä ehkäistään myös tuki- ja liikuntaelimistön vammoja. (Bärlund 2010, 4.) Pianotuolin sijainti pianoon nähden on erityisen tärkeä soittajan kannalta mahdollisimman hyvän ja taloudellisen soittoasennon löytämisessä. Hyvä soittoasento ja oikeanlainen hengitys ovat yhteydessä hyvään soittotekniikkaan (Porander 2008.) Huono soittoasento (hartiat velttoina) tai toistuva käsien eteen ojentaminen voi johtaa vaikeasti diagnosoitavaan syndroomaan (Jones 2001).

Hyvänä soittoasentona pidetään tavallisesti normaalia ryhdikästä istuma-asentoa, mutta soittoasento eroaa siitä kuitenkin jossain määrin. Lantion tulee olla keskiasennossa, jolloin paino on istuinluilla. Pianotuolin korkeus tulisi säätää siten, että kyynärnivelet ovat noin 90–110 asteen kulmassa käsien ollessa koskettimilla, jolloin ranteen on mahdollis-

ta olla noin 15 astetta ojennettuna (ekstensiossa) ja noin 15 astetta ulnaarideviaatiossa. Tämä ranteen asento mahdollistaa kämmenen lihasten edullisen toiminnan ja myös kämmenen poikittaiskaaren säilymisen. Pianotuolin on oltava sellaisella etäisyydellä koskettimistosta, että kyynärvarret jäävät reilusti kylkien etupuolelle. Lannerangan tulisi olla keskiasennossa, jolloin selkärangan asennon hallinta on parhaimmillaan. Lapaluut tulisi pitää tuettuna selkää vasten tuettuina. (Porander 2008.)

Samama Ans (2001) kutsuu hyvää soittoasentoa istuvaksi apina-asennoksi, joka hänen mukaansa on paras asento ihmiselle (kuva 1). Apina-asennon kuvaus sisältää samoja piirteitä kuin Poranderin kuvaus hyvästä soittoasennosta. Kuvausten erona Samama korostaa, että jalkojen tulee olla sellaisessa asennossa, että reisi- ja sääriluun sekä sääriluun ja jalkapohjan välinen kulma on noin 90 astetta. Reisiluiden ja lantion välisen kulman tulee olla hieman pienempi kuin 90 astetta, jolloin kyynärvarsien on mahdollista olla hieman kylkien etupuolella. Selän tulee kuitenkin olla suora, ja sen luonnolliset kaaret tulee säilyttää. (Samama 2001, 25.) Koska reisiluiden ja lantion välisen kulman tulee olla hieman pienempi kuin 90 astetta, asento on siis hivenen eteenpäin nojautuva.



KUVA 1. Seisova apina-asento, istuva apina-asento ja pianistin soittoasento (Samama 2001, 25, 26, 99)

Kun pianistin istuma-asento on pianoon nähden kunnossa, nivelet voivat toimia taloudellisesti ja luontevasti, minkä seurauksena myös lihakset voivat toimia optimaalisesti. Pianistin istuma-asentoon voidaan vaikuttaa lähinnä pianotuolin korkeuden säätämisel-

lä, sen etäisyyden muuttamisella suhteessa pianoon ja kiinnittämällä huomiota soittajan istuma-asentoon. Huono istuma-asento voi johtaa pianistin kohdalla moniin ongelmiin: se voi oleellisesti vaikuttaa soittotekniikkaan, mikä voi pitkällä tähtäimellä altistaa tuki- ja liikuntaelin vammoille. (Bärlund 2010, 4.) Soittajien yksilöllisistä eroista johtuu, että heidän tarvitsee käyttää kehoaan eri tavoin musiikin tuottamiseen, myös saman kappaleen soitossa.

### 3 YLÄRAAJA – SOITTAJAN TYÖVÄLINE

Soittamisessa tarvittavien yläraajojen liikkeiden hiominen vaatii paljon aikaa. Muusikon on harjoitettava motorisia taitojaan useita tunteja joka päivä saavuttaakseen korkeimman mahdollisen osaamisen tason, joka tarvitaan kappaleiden esittämiseen. Energian kulutuksen kannalta soittaminen ei ole erityisen vaativaa, joten pitkäkestoinen harjoittelu on mahdollista. Erityisesti kosketin- ja jousisoittimien soittajilla lihasaktiiviteetti keskittyy pääasiassa käden liikkeistä vastaaviin lihaksiin. (Watson 2006, 527.)

Yläraaja on toiminnallisen anatomian näkökulmasta mielenkiintoinen tarkastelun kohde. Se sisältää useita niveliä ja rakenteita, jotka ovat tärkeitä sujuvien ja tehokkaiden yläraajan liikkeiden aikaansaamiseksi. (Hamill & Knutzen 2009, 140.) Yläraaja on kokonaisuus, jonka muodostavat lapaluu, solisluu, olkaluu, varttinä- kyynärluu, kahdeksan ranneluuta, viisi kämmenluuta ja 14 sormien luuta (Netter 2009, 407; 427 & 444). Yläraajan liikkeet mahdollistaa suuri määrä lihaksia, jotka voidaan jakaa raajaa liikuttaviin selän ja rinnanlihaksiin, hartialihaksiin, olka- ja kyynärvarren lihaksiin sekä käden lihaksiin (Bjålie, Haug, Sand & Sjaastad 2011, 259).

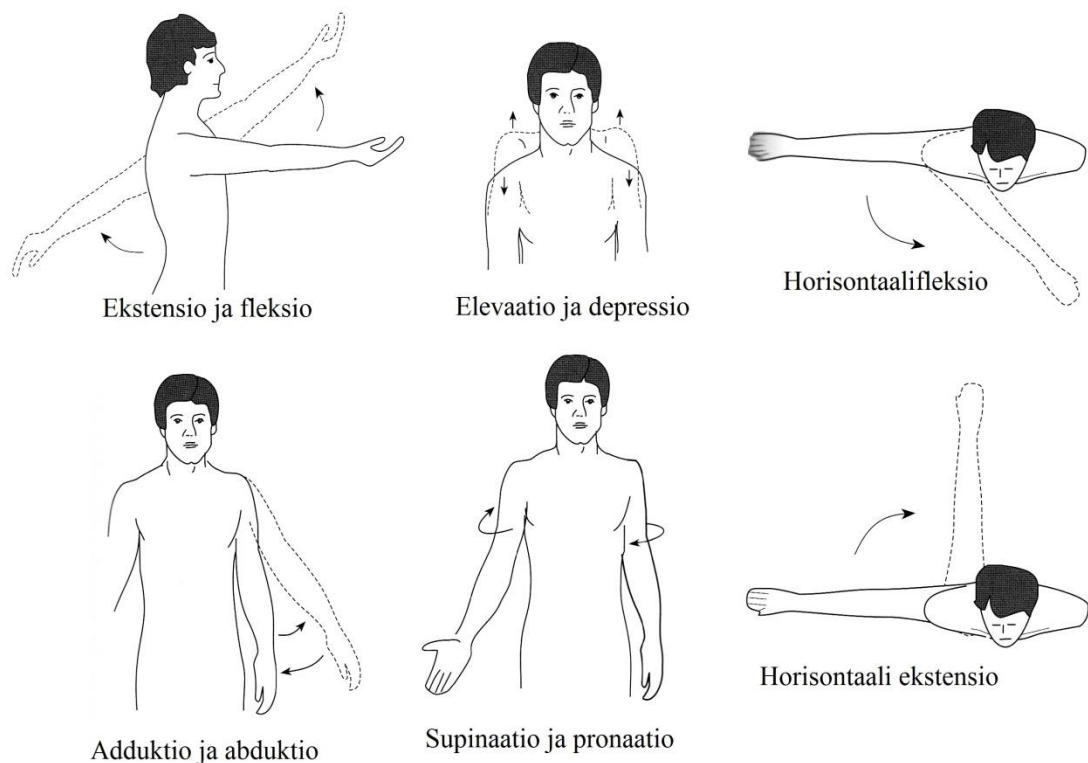
Yläraajaa hermottavat ääreishermit, jotka lähtevät kaularangasta noin kaularangan viidennen ja rintarangan ensimmäisen nikaman väliseltä tasolta (Hervonen 2004, 146). Lihus-, hermo- ja luukudoksen lisäksi yläraajassa on myös erilaisia tukikudoksia, joita luukudoksen lisäksi ovat muun muassa rustokudos, varsinainen sidekudos ja rasvakudos. (Bjålie ym. 2011, 94–95.)

#### 3.1 Olkanivel

Olkanivel on yläraajan ja muun vartalon välinen ”linkki”, joka toimii yhteistyössä kyynärpään kanssa, jotta kättä on mahdollista käyttää tarkoituksenmukaisesti (Nordin & Frankel 2001, 319). Olkapään muodostavat neljä eri niveltä: glenohumeraali-, acromioclaviculaari-, sternoclaviculaari- ja scapulothorakaali-nivelet. Kaikkien neljän nivelen välillä tapahtuvan liikkeen tulee olla häiriötöntä ja koordinoitua, jotta olkapään optimaalinen toiminta mahdollistuu. (Hamill & Knutzen 2009, 140). Luisten liikettä rajoittavien

rakenteiden vähyys mahdollistaa olkapään suuret liikelaajuudet, jotka saavutetaan edellä mainittujen neljän nivelen yhteistoiminnalla. Olkapään liikkeitä rajoittavat, ja toisaalta stabiliteettiä lisäävät, pääasiassa lihakset ja ligamentit. (Nordin & Frankel 2001, 319.)

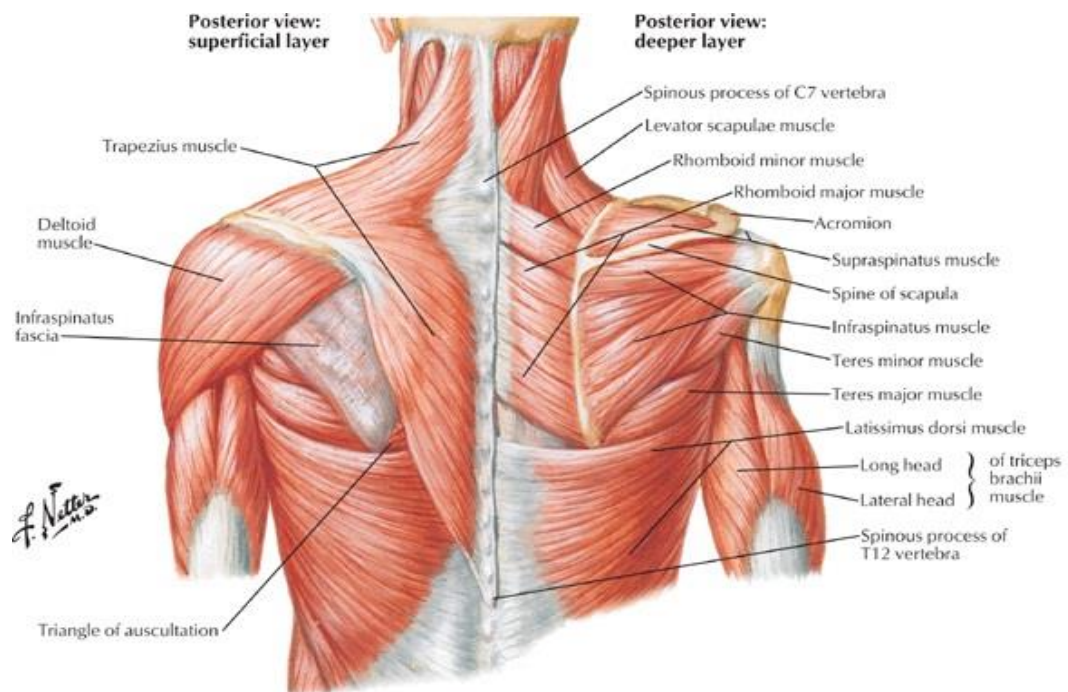
Olkapään liikesuunnat ovat ekstensio, fleksio, adduktio, abduktio, supinaatio ja pronaaatio. Horisontaalitason liikkeet mahdollistuvat olkapään ollessa fleksiossa. Olkapään nivelistä glenohumeraalinivel mielletään tyypillisesti olkaniveleksi, koska tämän nivelen toiminta mahdollistaa edellä mainitut olkapään liikkeet. Glenohumeraalinivel on rakenteeltaan pallonivel, minkä vuoksi suuri määrä erilaisia liikkeitä mahdollistuu. Hartioiden elevaatio ja depressio eivät ole varsinaisia olkanivelen liikkeitä. Ne kuitenkin saavat ne aikaan olkapäiden kohoamisen ja laskemisen (kuva 2). (Wristen 1998, 73; Hamill & Knutzen 2009, 143, 145–146.) Vaikka olkapää rakenteensa puolesta mahdollistaa todella suuret liikelaajuudet, pianonsoitossa ei tarvita olkanivelen suurimpia mahdollisia liikelaajuuksia.



KUVA 2. Olkapään liikkeet (Mylläri 2008, 73.)

### 3.1.1 Olkanivelenseudun lihasten merkitys pianonsoitossa

Olkapäänseudulla on lihaksia useissa kerroksissa (kuva 3), ja suurin osa niistä toimiikin yhteistyössä keskenään olkapään liikkeiden tuottamiseksi ja dynaamisen stabiliteetin lisäämiseksi. (Nordin & Frankel 2001, 329; Hamill & Knutzen 2009, 147). Pianonsoitossa tarvittavien liikkeiden toteuttamiseksi tarvitaan huomattavan suurta määrää olkapään lihaksista, koska soitettaessa tehdään huomaamatta paljon erilaisia liikkeitä myös olkapään seudulla. Suurin osa olkapäiden liikkeistä soiton aikana on kuitenkin varsin huomaamattomia, eikä niitä välttämättä tulla juuri ajatelleeksi.



KUVA 3. Olkapään, hartian ja selän pinnallisia ja syvän kerroksen lihaksia takaapäin katsottuna. Kuvassa ”Deltoid muscle” on hartialihäs, ja ”Trapezius muscle” on epäkäsi- lihas (Netter 2011, 411)

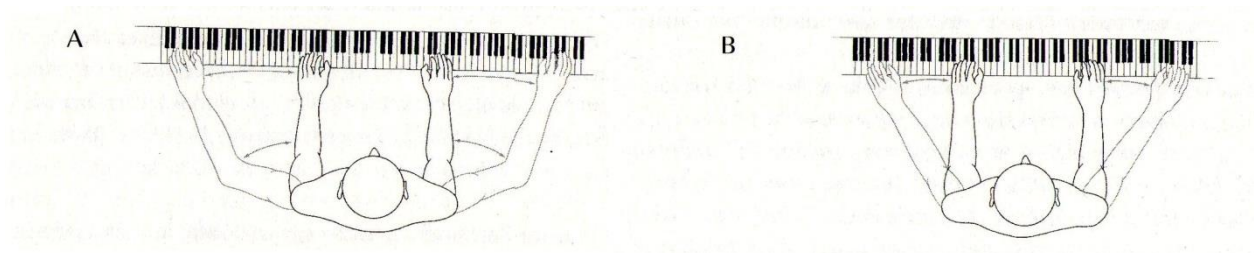
Kun ajatellaan soittotapahtumaa, tai katsellaan pianistia konsertissa, voidaan kuitenkin huomata, että olkapää on suuressa osassa pianoa soitettaessa. Olkapään tulee olla hie- man fleksoituna, jotta kädet saadaan koskettimille, olkavarren abduktio ja adduktio ovat tarpeellisia käsiteltäessä koskettimiston ääriosia tai soitettaessa keskeltä koskettimistoa. Pronaatio- ja supinaatioliikkeitä tarvitaan erilaisten sävelkulkujen, esimerkiksi skaalojen tai suurempien murtosointujen, soittamisessa. Ilman olkapään tarkoituksenmukaista käyttöä, kättä ei saataisi vietyä kappaleessa tarvittaville alueille koskettimistolla.

Kun olkapään ja hartian seudun lihaksia osataan käyttää soiton aikana edullisella tavalla, voidaan välttää suuri määrä mahdollisia tuki- ja liikuntaelinvammoja, joita väärät asennot voisivat aiheuttaa (Porander 2008).

### 3.1.2 Hartia- ja epäkäslihasten käyttö pianonsoitossa

Hartia- ja epäkäslihas osallistuvat sellaisten yläraajan liikkeiden tuottamiseen, joita tulisi välttää soiton aikana. Samaman (2001) mukaan soittajan soittoasento on vääränlainen, mikäli edellä mainittuja lihaksia käytetään liikaa soiton aikana (Samama 2001, 100–101). Epäkäslihaksen laskeva osa osallistuu lapaluun kohottamiseen (Hamill & Knutzen 2009, 148), ja hartialihhas osallistuu olkavarren loitonnuksen (Hervonen 2004, 150).

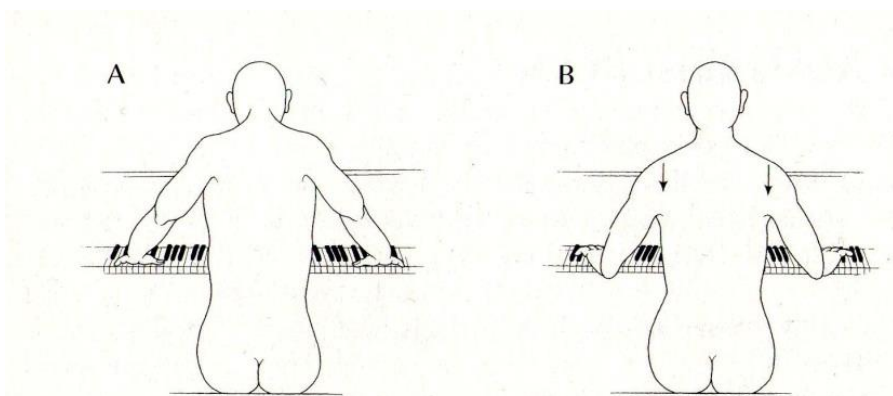
Hartialihhas on aktiivinen kaikissa olkanivelen liikkeissä (Hervonen 2004, 150). Karkeasti sen toiminta voidaan jakaa siten, että sen etuosa toimii olkanivelen fleksorina, keskiosa abduktorina ja taaimmainen osa ekstensorina ja ulkorotaattorina (Hamill & Knutzen 2009, 148–149). Olkavarren liikkeistä abduktiota tulee välttää soiton aikana (kuva 4) (Samama 2001, 101). Se voi olla yhteydessä mahdollisiin soiton aikana ilmeneviin ongelmiin kyynärvarren seudulla (Porander 2008).



KUVA 4. Hartialihaksen keskiosan käyttö pianoa soitettaessa. Kuvassa A väärä tapa käyttää hartialihasta, kuvassa B oikea tapa (Samama 2001, 101.)

Epäkäslihas ei varsinaisesti osallistu yläraajan liikuttamiseen, mutta sen laskeva osa osallistuu lapaluun elevaatioon, jolloin koko yläraaja liikkuu ylöspäin (Hamill & Knutzen 2009, 148). Pianistien tulisi välttää lapaluiden elevoimista (ts. olkapäiden nostaminen korviin) soiton aikana (kuva 5). On tärkeää, että lapaluut pidetään alhaalla hyödyn-

täen selän lihaksia, jolloin soittoasento saadaan näiltä osin pidettyä oikeanlaisena. (Samama 2001, 100.) Mikäli lapaluut ovat virheellisessä asennossa soittaessa, voi siitä koitua suuri määrä ongelmia pianistille. ”Lapaluun virheasento lisää niska-hartiaseudun rasitusta, pienentää yläaukeamaa (solisluun, lapaluun ja rangon väliin jäävä alue, josta hermot ja verisuonet kulkevat yläraajaan) ja lisää rasitusta kyynärvarren lihaksissa” (Porander 2008).



KUVA 5. Hartioiden asento soittaessa. Kuvassa A väärä hartioden asento, kuvassa B oikea (Samama 2001, 100.)

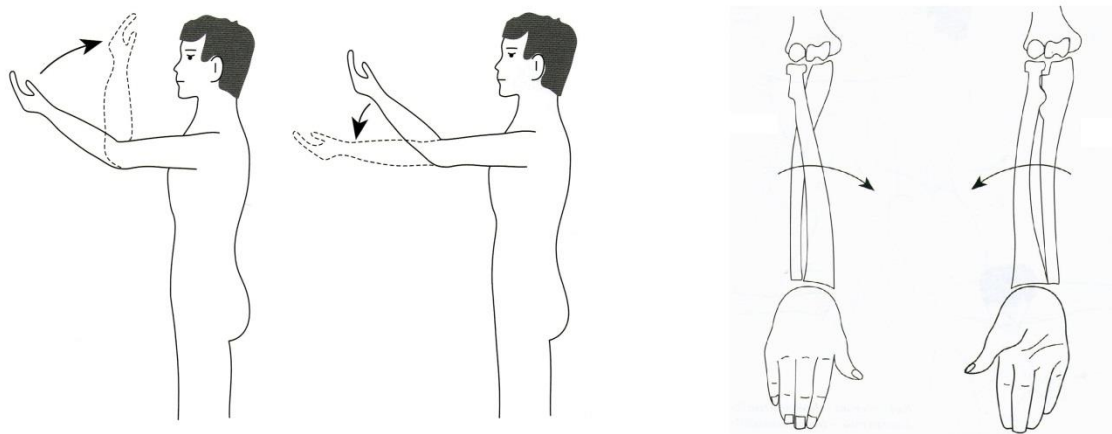
### 3.2 Kyynärnível

Kyynärnível on monimutkainen nivel. Se toimii tukipisteenä kyynärvarren vipuvarsijärjestelmälle, joka on tarpeellinen käden käyttöä ajatellen. Kyynärnivelen ansiosta käsi on mahdollista saattaa sellaisiin asentoihin, että esimerkiksi vahva puristaminen tai erilaiset käden hienomotoriset toiminnot mahdollistuvat. (Frankel & Nordin 2001, 341; Hamill & Knutzen 2009, 155.) Näiden toimintojen ansiosta kyynärnivelellä on myös suuri rooli pianonsoitossa.

Kyynärpää muodostuu kolmesta eri nivelestä, jotka ovat humeroulnaari-, humeroradiaali- ja radioulnaarinivel. Näistä nivelistä humeroulnaarinivelen katsotaan olevan varsinaisen kyynärnivelen. Se on rakenteeltaan sarananivel, jonka ansiosta kyynärnivelen fleksio, ekstensio, ja myös hyperekstensio yksilöstä riippuen, ovat mahdollisia (kuva 6). Kiertoliikkeet eivät ole mahdollisia tässä nivelessä, vaan ne mahdollistuvat humeroradiaali- ja radioulnaarinivelten toiminnan ansiosta. (Wristen 1998, 79; Hervonen 2004, 169.)



Tyypillisesti kyynärnível on noin 90–110 asteen kulmassa soittoasennossa (Porander 2008), mikä mahdollistuu juuri kyynärnivelen toiminnan ansiosta. Pianonsoitossa kyynärvarren ulko- ja sisäkiertäjien toiminta on ilmeisintä sellaisissa kappaleissa, joissa soitetaan ”rikottua” oktaavia pikkusormella ja peukalolla (esimerkiksi Beethovenin panteettisen sonaatin ensimmäinen osa), mutta kyynärvarren kiertoja tarvitaan myös esimerkiksi murtosointujen tai erilaisten sävelkulkujen soitossa.

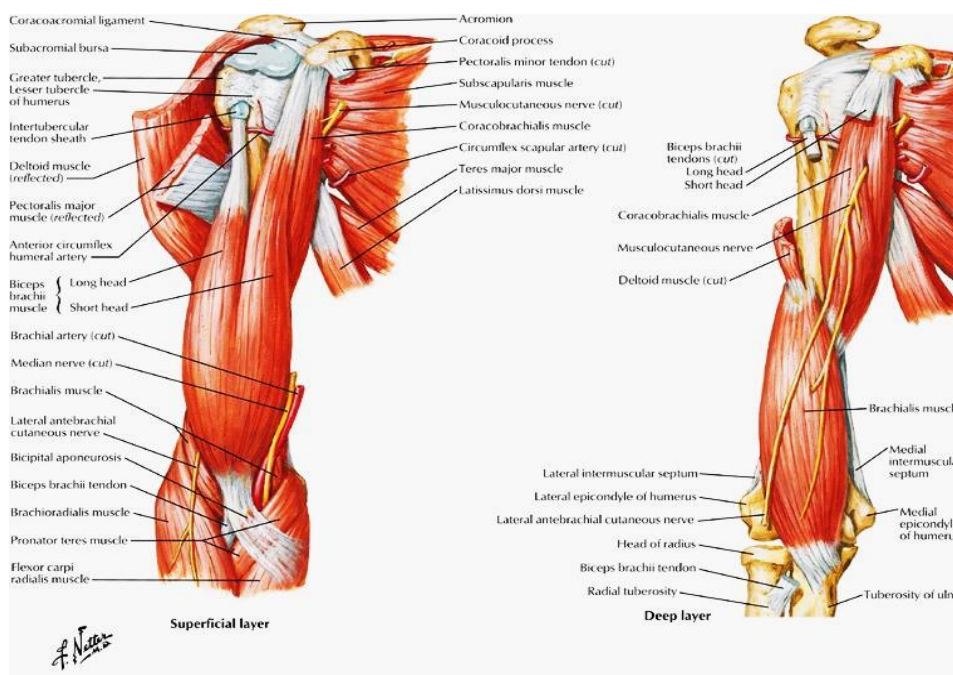


KUVA 6. Vasemmalta oikealle: fleksio, ekstensio, pronaatio ja supinaatio (Mylläri 2008, 74)

Kyynärpään ylittää yhteensä 24 lihasta, joista osa vaikuttaa sormien ja ranteen niveliin, mutta osa vaikuttaa ainoastaan kyynärnivelen. Monet näistä lihaksista osallistuvat usean eri liikkeen toteutukseen kyynärpään, ranteen ja sormien nivelissä, mutta kuitenkin kukin lihaksista toimii parhaiten vain yhden tietyn liikkeen aikana. Karkeasti kyynärpään seudun lihakset voidaan jakaa anteriorisiin koukistajiin, posteriorisiin ojentajiin, lateraalsiin ojentajiin ja ulkokiertäjiin sekä mediaalisiin koukistajiin ja sisäkiertäjiin. (Hamill & Knutzen 2009, 158.)

Pianistin soittoasentoa ajatellen kyynärnivelen liikkeisiin vaikuttavista lihaksista ja kyynärvarren lihaksista oleellisia ovat ne, joilla ylläpidetään kyynärnivelen noin 90 – 110 asteen kulma soiton aikana (kuva 7) ja joita tarvitaan kyynärvarren sisä- ja ulkokiertoissa (kuva 8). Kyynärnivelen koukistamisesta vastaavat m. biceps brachii, m. brachialis ja m. brachioradialis (Hervonen 2004, 171–173). Näistä kolmesta kyynärnivelen pääasiallisena koukistajana toimii olkavarsilihas (Frankel & Nordin 2001, 350). Riippuen kyynärvarren asennosta m. biceps brachiiin ja m. brachioradialiksen osallistu-

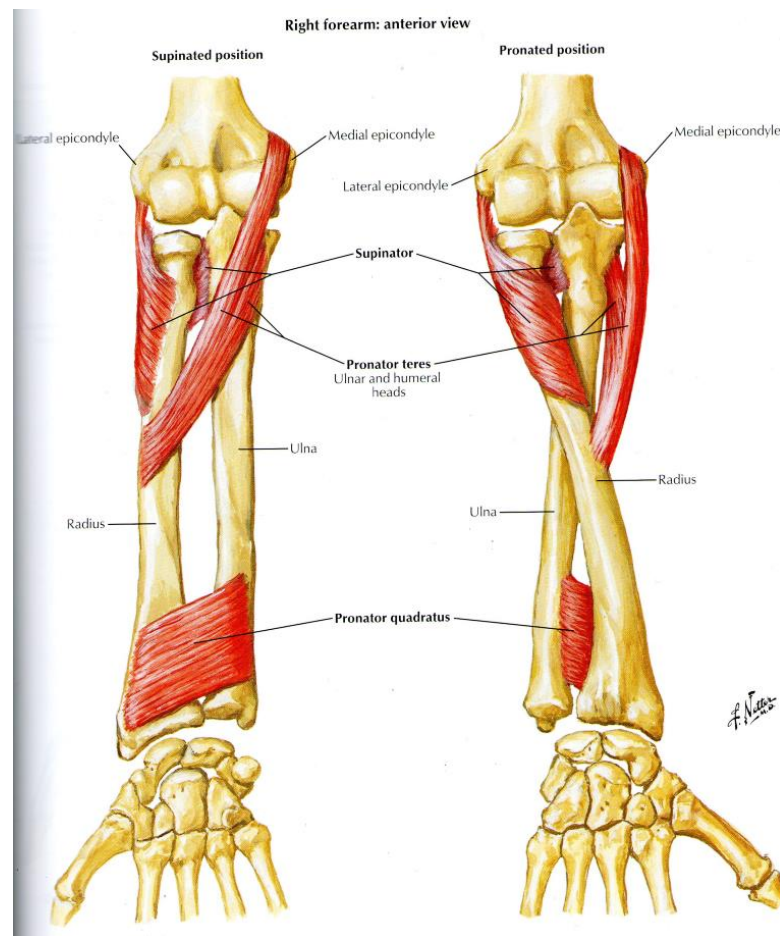
minen kyynärnivelen koukistamiseen muuttuu (Hamill & Knutzen 2009, 160). Kyynärnivelen ojentamisesta vastaa m. triceps brachii (Frankel & Nordin 2001, 350).



KUVA 7. Olkavarsi etupuolelta. Vasemmassa m. biceps brachii keskellä, oikeassa m. brachialis (Netter 2011, 419.)

Pianoa soittaessa kämmen on kohti koskettimia, jolloin kyynärvarren on oltava sisäkierrossa. Tässä kyynärvarren asennossa on käytettävä olkavarsilihasta asennon ylläpitämiseksi, vaikka toki myös hauis- ja olka-värttinäluulihas osallistuvat myös kyynärpään asennon ylläpitoon.

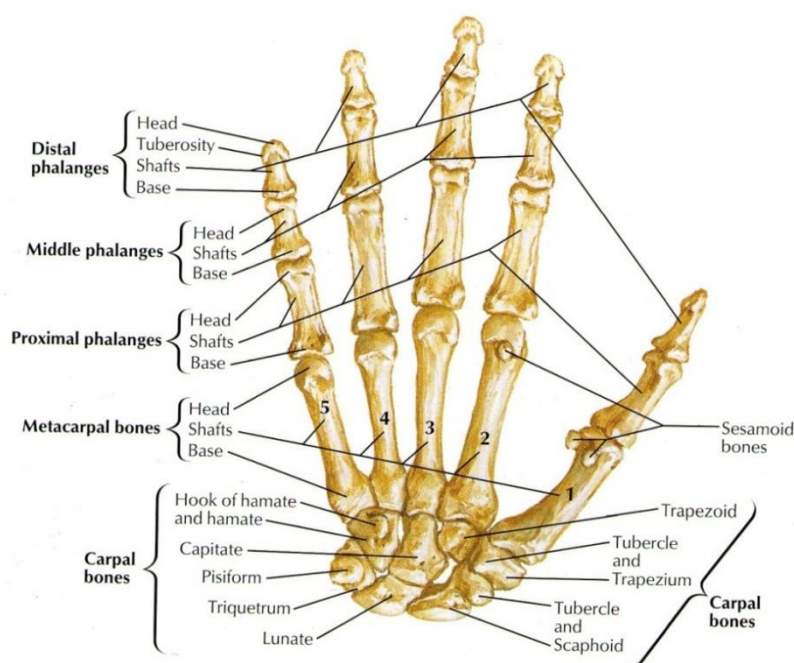
Kyynärvarren pääasialliset sisäkiertäjät ovat m. pronator teres ja distalisempi ranteen lähellä oleva m. pronator quadratus, joista jälkimmäinen on päävastuussa sisäkierrosta riippumatta kyynärvarren asennosta (kuva 8). Pronator teres -lihaksen aktiivisuus kuitenkin kasvaa, mikäli sisäkiertoa tehdään nopeasti. Kyynärvarren ulkokierrosta vastaa m. supinator ja m. biceps brachii. M. supinator toimii erityisesti rauhallisissa vastustamattomissa uloskiertoliikkeissä riippumatta kyynärvarren asennosta. M. biceps brachii toimii tehokkaimmin uloskiertäjänä silloin, kun kyynärnivelen on 90 asteen kulmaan koukistettuna asteen kulmassa (Hamill & Knutzen 2009, 161), mikä vastaa tilannetta käsien ollessa koskettimilla.



KUVA 8. Kyynärvarren ulko- ja sisäkiertäjälihakset m. biceps brachiita lukuun ottamatta. Kuvassa nähtävissä myös olka-, varttinä- ja kyynärluun väliset nivelet (Netter 2011, 428)

### 3.3 Ranteen, kämmenen ja sormien rakenne ja toiminta

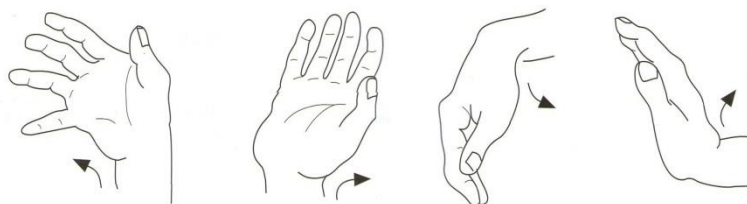
Ranne muodostuu yhteensä kymmenestä luusta ja pehmytkudosrakenteista, jotka liittävät käden kyynärvarteen. Varsinaisia ranneluita on kahdeksan kappaletta. (Frankel & Nordin 2001, 359; Hamill & Knutzen 2009, 163.) Ne nivELYT VÄT kyynär- ja varttinäluun distaaliseen päähän muodostaen proksimaalisen rannenivelen. Ranneluut ovat asettuneet kahteen riviin keskenään. Nämä kaksi luuriviä muodostavat keskenään nivelen articulatio mediocarpea (MC-nivel), joka tunnetaan myös distaalisena rannenivelenä. Kämmenten luiden proksimaalipäiden kanssa ranneluut muodostavat articulatio carpometacarpaliksen (CMC-nivelen) (kuva 9). (Hervonen 2004, 178.)



KUVA 9. Ranteen luut ja kämmenen luut. Kuvassa nähtävissä myös ranteen nivelet eri luiden välillä (Netter 2011, 444.)

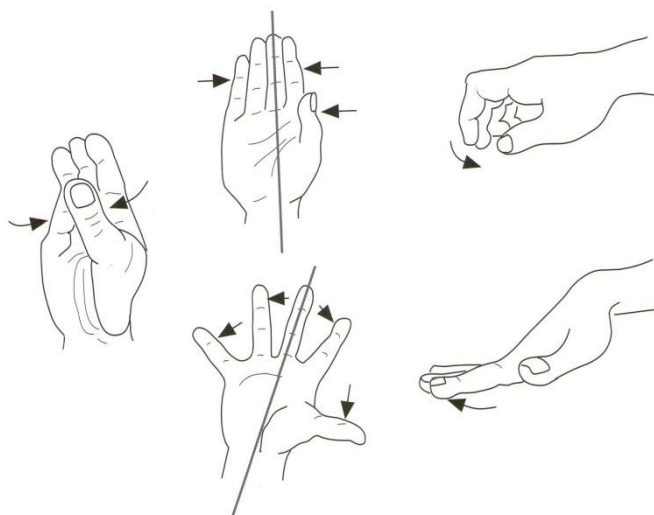
Sormien nivelet ovat proksimaalisesta distaalisimpaan edeten articulatio metacarpophalangea (MCP) eli kansankielellä rystyset, articulatio interphalanges proximalis (PIP), ja articulatio interphalanges distalis (DIP) (Hervonen 2004, 194; Hamill & Knutzen 2009, 168.) Sormissa on siis kolme niveltä: MCP (tyvinivel), PIP (keskinivel) ja DIP (kärkinivel).

Articulatio radiocarpea (proksimaalinen rannenivel) mahdollistaa ranteen liikkeet, joilla liikutetaan koko kättä. Mahdolliset nivelen liikkeet ovat fleksio, ekstensio, ulnaari- ja radiaalideviaatio (kuva 10). Vaikka ranteen liikkeet tapahtuvat pääasiallisesti proksimaalisessa rannenivelessä, osa rannenivelen koukistuksesta ja ojennuksesta tapahtuu myös distaalisessa rannenivelessä. (Hamill & Knutzen 2009, 167.)



KUVA 10. Ranteen liikkeet. Vasemmalta oikealle: ulnaarideviaatio, radiaalideviaatio, palmaarifleksio ja dorsaalifleksio (Mylläri 2008, 75.)

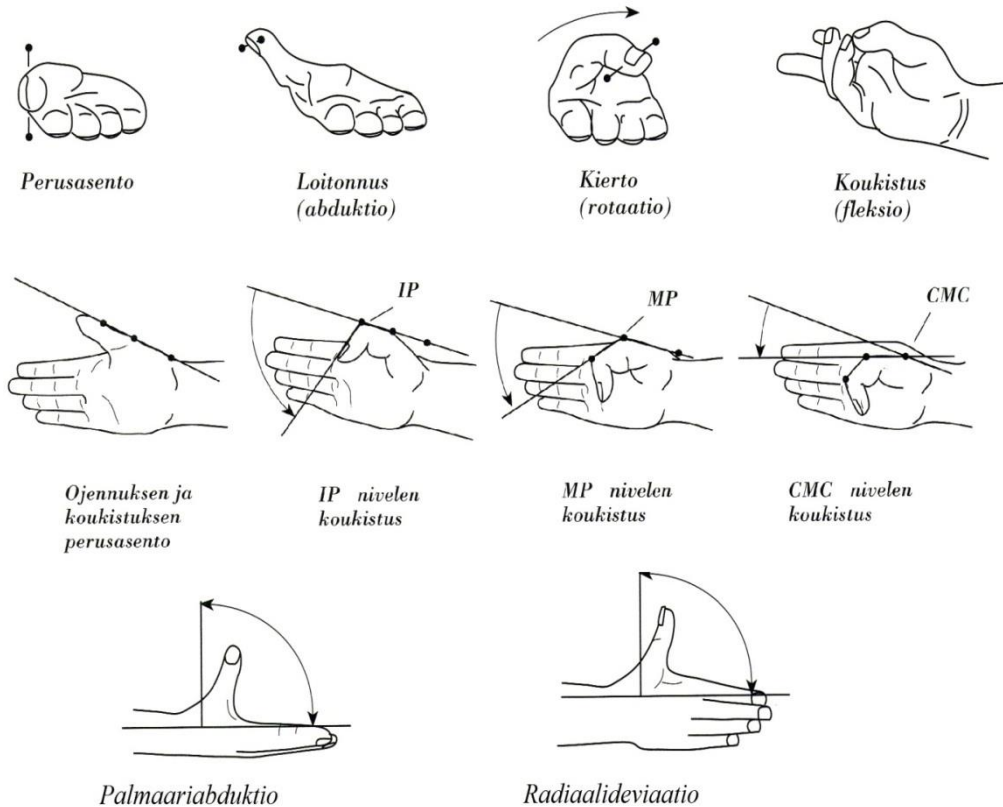
Kämmenluut liittyvät ranneluihin tasonivelten välityksellä muodostaen MCP -nivelet. (Wristen 1998, 87). Sormien lähentäminen ja loitontaminen suhteessa toisiinsa tapahtuu myös samaisessa nivelessä. Sormien luiden väliset nivelet sallivat ainoastaan fleksio ja ekstensio suuntaiset liikkeet. Peukalon ja muiden sormien välinen oppositio mahdollistuu peukalon toiminnan ansioista (kuva 11). (Hamill & Knutzen 2009, 168.)



KUVA 11. Sormien liikkeet oikealta vasemmalle: oppositio, adduktio (yläpuolella), abduktio (alapuolella), fleksio ja ekstensio (Mylläri 2008, 75.)

Muista sormista poiketen peukalo tyvinivelen ja ranteen trapezius -luun välinen nivel on satulanivel, joka mahdollistaa useampia liikkeitä verrattuna muihin sormiin (kuva 12). Toisena poikkeavuutena muihin sormiin verrattuna peukalossa on vain yksi distaalinen nivel (articulatio interphalangealis pollicis), joka mahdollistaa sen koukistamisen, ojentamisen, lähentämisen, loitontamisen ja rotatoimisen. Se asettuu kämmenen kaareen nähden noin 60 – 80 asteen kulmaan, mikä mahdollistaa sen monimuotoisen käytön. Käden toiminnan kannalta erityisesti peukalon CMC-nivelen sallimat liikkeet

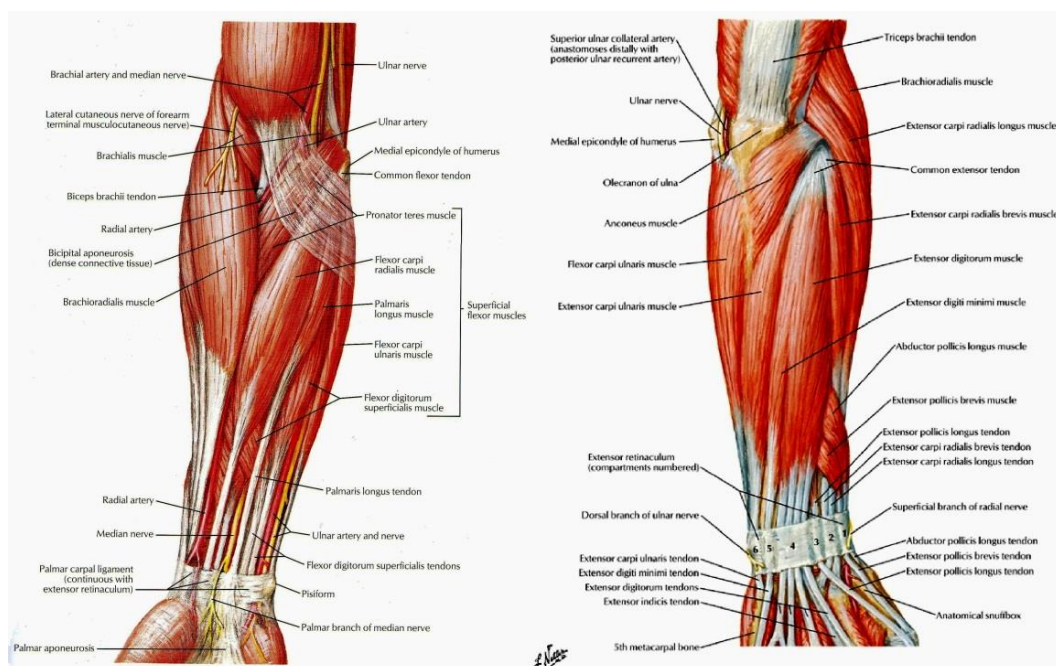
ovat tärkeitä. Se mahdollistaa muun muassa oppositio-liikkeen. (Hamill & Knutzen 2009, 168, 170.)



KUVA 12. Peukalon liikkeet (Mylläri 2008, 76)

Yhteensä 39 lihasta vaikuttaa ranteen ja käden toimintaan. Suurin osa ranteen ja sormien niveliin vaikuttavista lihaksista alkaa kyynärpään seudulta, ja päättyvät sormien kärkinivelten seudulle (kuva 13). Näitä lihaksia kutsutaan extrinsic-lihaksiksi. Niiden ansiosta sormet ovat huomattavan voimakkaita ja ketteriä, ilman suurta lihasmassaa. Lisäksi kämmenen alueella on intrinsic-lihaksia, jotka eivät ylitä proksimaalista ranneniveltä. (Hamill & Knutzen 2009, 168.) Niillä on tärkeä rooli käden hyvinvoinnin ja toiminnan kannalta (Porander 2008).





KUVA 13. Kyynärvarren etu- ja takapuolen pinnalliset lihakset (Netter 2011, 432 & 434)

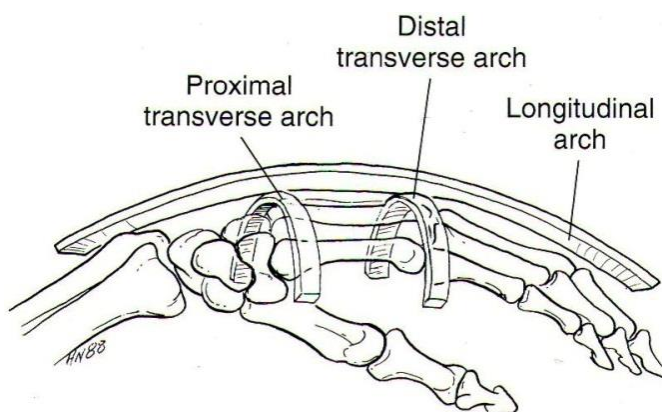
Ranteen ja sormien fleksoimisesta vastaavat lihakset, jotka sijaitsevat kyynärvarren anteriorisella puolella. Niiden lähtökohtana on luinen epicondylus medialis, joka on tunnisteltavissa humeruksen mediaalireunalla. Vastaavasti ranteen ja sormien ojentamisesta vastaavat kyynärvarren posteriorisella puolella olevat lihakset. Näiden lihasten lähtökohta on humeruksen epicondylus lateralis. Sormien ollessa fleksiossa ranteen ojentamiseen osallistuvat myös kyynärvarren posteriorisella puolella kulkevat sormien ojentamisesta vastaavat lihakset. (Wristen 1998, 84, 86; Hamill & Knutzen 2009, 169.)

Radiaali- ja ulnaarideviaatiot ovat mahdollisia ranteen ojentajien ja koukistajien yhteistoiminnalla. Kun epicondylus medialiksen puolelle kiinnittyvät ranteen ekstensorit ja fleksorit jännittyvät yhtäaikaaisesti, ranne ulnaaridevioituu, ja vastaavasti radiaalideviaatio toteutetaan epicondylus lateraliksen puolelle kiinnittyvien ranteen ekstensoreiden ja fleksoreiden välisellä yhteistoiminnalla. (Wristen 1998, 84; Hamill & Knutzen 2009, 169.)

Sormien 2, 3 ja 4 lähentäminen toisiaan kohti tapahtuu kämmenselän luuvälilihasten avulla. Pikkusormella on oma lähentäjänsä (m. abductor digitiminimi), jota avustaa yksi kämmenen intrinsic -lihaksista. Kämmenen luuvälilihakset vastaavat sormien adduk-

toimisesta sormien 2, 4 ja 5 osalta. Keskisormen adduktoimisesta vastaa kämmen selän luuvälilihakset. Peukalon monipuolisen toiminnan mahdollistaa yhteensä kahdeksan lihaksen yhteistoiminta. (Hamill & Knutzen 2009, 169–170.)

Kädestä on erotettavissa kolme kaarta (kuva 14). Kaksi näistä kaarista on poikittaiskaaria, joista ensimmäinen sijaitsee CMC -nivelen, eli kämmenluiden proksimaalisen pään, kohdalla ja toinen kämmenluiden distaalisessa päässä, eli rystysten kohdalla. (Frankel & Nordin 2001, 362; Porander 2008.) Viimeinen kaarista on pitkittäissuuntainen. Se alkaa proksimaalisista ranneluista ja päättyy sormien 2. – 5. päihin, liittäen kaikki käden kaaret toisiinsa. Etu- ja keskisormen kämmenluut muodostavat pitkittäiskaaren “keskipilarin” tai tukipisteen. Muiden sormien liikuttaminen suhteessa näihin kahteen sormeen mahdollistaa käden asettamisen kupiksi tai kämmenen levittämisen. (Frankel & Nordin 2001, 362.)



KUVA 14. Käden kaaret havainnollistettuna (Frankel & Nordin 2001, 362)

Kämmenen asennon muuttaminen on riippuvainen extrinsic-lihasten toiminnasta, jotka sijaitsevat kämmenluiden välissä kämmenen ja kämmenselän puolella. Intrinsic-lihakset vastaavat lähinnä käden kaarien ylläpitämisestä. Käden kaarijärjestelmän säilyminen on erittäin tärkeää käden hyvinvoinnin ja toiminnan kannalta. (Frankel & Nordin 2001, 362; Porander 2008.)



Samama (2001) kuvaa sormien asennon merkitystä yläraajan rentouden kannalta seuraavasti:

”Jos et koukista sormiasi jaoke jaokkeelta, et pysty kunnolla asettelemaan kättä ja rannetta, ja vaarana on että vedät käsiä ja käsivarsia itseäsi kohti, mikä aiheuttaa jännitystä käsivarsissa. Mitä vähemmän jännität käsivartta ja mitä notkeampi ranne on, sitä parempi. Pianonsoitossahan on kysymys sormien ja rennon ranteen tuottamasta kosketuksesta pianoon.” (Samama 2001, 101.)

Soitettaessa kädet tulisi siis pitää rentoina, jotta mahdollisimman taloudellinen soittotapa mahdollistuisi.

Soittaessa tulisi huomioida käden ja ranteen asento riippuen siitä, soitetaanko mustilta vai valkoisilta koskettimilta: valkoisilta koskettimilta soitettaessa tulisi ranteen olla alempana kuin jos soitetaan mustilta koskettimilta. Ranteen käytössä tulisi hyödyntää painovoiman vaikutusta, eikä niinkään aktiivista lihastyötä äänen tuottamiseksi. Käden tulisi antaa pudota koskettimille, ja mahdollisuuksien mukaan tulisi välttää käsivarsien jännittämistä. (Samama 2001, 101.)

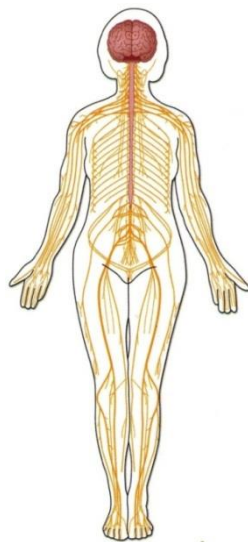
Poranderin (2008) mukaan ranteen keskiasennon säilyttäminen (noin 15 asteen ojennus ja 15 ulnaarideviaatio) takaa sormien parhaan toiminnan. Tällöin kyynärvarren, kämmenen ja sormien lihakset pystyvät toimimaan tehokkaimmin, ja samalla rasitusvammariski saadaan mahdollisimman pieneksi. Kämmenen lihakset tukevat erityisesti sormien ja ranteiden koukistajia ja ojentajia sekä auttavat käden kaarien muodostamisessa. Sormien tulisi säilyttää niille luontainen kaareva muoto niihin kohdistuvan rasituksen minimoimiseksi. (Porander 2008.)

## 4 HERMOSTO - JÄRJESTELMÄ LIIKKEEN TAUSTALLA

Oli kyse millaisesta toiminnasta tahansa, hermosto on välttämätön erilaisten liikkeiden tuottamiseksi. Pianonsoitto on erityisesti hienomotorisia tahdonalaisia liikkeitä vaativaa, joka vaatii pitkää harjoittelua, jotta hermosto pystyy tuottamaan tarvittavia liikkeitä tehokkaasti. Tahdonalaisten liikkeiden synnyn taustalla on niin kutsuttu somaattinen motorinen hermosto. Hermostossa kulkevaa viestiä, joka mahdollistaa lihaksen toiminnan ja sitä kautta liikkeen kutsutaan aktiopotentiaaliksi. Soittajan on hyvä tiedostaa, millainen järjestelmä liikkeen tuottamisen taustalla toimii ja mikä oikeastaan saa tarvittavan liikkeen aikaan.

### 4.1 Liikkeen aikaansaavat hermoston eri osat

Hermoston muodostavat keskushermosto, johon kuuluvat aivot ja selkäydin, sekä ääreishermosto, johon kuuluvat sensorinen hermosto, somaattinen motorinen hermosto ja autonominen hermosto (kuva 15). Kehon liikkeiden tuottamisen kannalta juuri somaattinen motorinen hermosto on olennainen, koska se ohjaa luustolihaksia eli tahdonalaisia lihaksia. Vaikka hermosto jaetaan eri osiin, se on kuitenkin yhtenäinen kokonaisuus, jonka kaikki osat toimivat yhteistyössä erilaisten tehtävien, kuten liikkeen, toteuttamiseksi. (Bjälle ym. 2011, 106.)

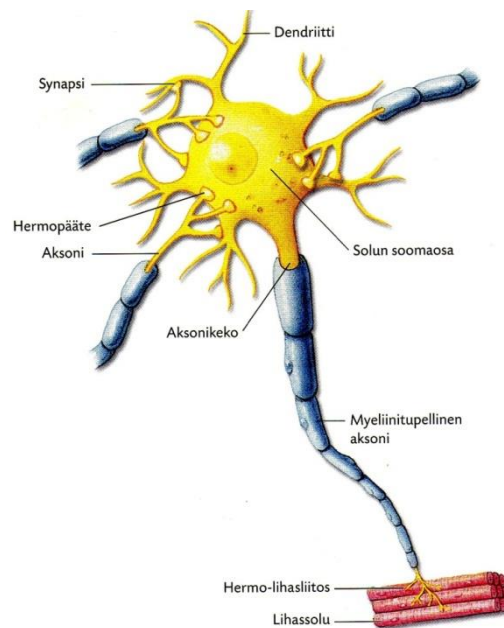


KUVA 15. Kuvassa nähtävissä hermosto kokonaisuudessaan (Bjälle ym. 2011, 105)

Tahdonalaisten liikkeiden aikaansaaminen on pitkälti riippuvaista hermoston toiminnasta. Hermokudos muodostuu kahdesta solutyypistä: hermosoluista ja niin kutsutuista gliasoluista eli hermotukisoluista. Hermosolut kuljettavat aktiopotentiaaleja eli hermoimpulsseja suurella nopeudella koko pituudellaan. Niitä soluja, joihin hermosolu on yhteydessä, kutsutaan kohdesoluiksi. Hermosolut siis hermottavat kohdesolujaan, joita voivat olla esimerkiksi muu hermosolu, rauhasolu tai lihassolu. (Bjålie ym. 2011, 104.)

#### 4.2 Motoneuronin eli liikehermosolun rakenne ja toiminta

Liikehermosolun, eli motoneuronin (kuva 16), runko-osaa kutsutaan soomaksi. Se sisältää motoneuronin ytimen, nucleuksen. Viestit, joita hermostossa välittyy, kulkevat dendriittejä ja aksoneita pitkin sähköisten impulssien muodossa (aktiopotentiaaleina). Dendriittien tehtävänä on vastaanottaa viestejä muilta hermosoluilta ja aksoneiden tehtävänä on viedä niitä vastaanottaville lihassäikeille. Osa aksoneista voi olla todella pitkiä, jopa 125 cm pitkiä, ja osa taas voi olla huomattavan lyhyitä. (McComas 1996, 25; Bjålie ym. 2011, 104.)



KUVA 16. Motoneuronin osat (Bjålie ym. 2011, 104)

Aksonin osa, joka on lähellä hermottamaansa lihasta, jakautuu useaan haaraan, jotka haarautuvat edelleen useita kertoja. Yksittäinen aksoni voi siis hermottaa useita satoja kohdesoluja. Kukin näistä aksonin haaroista päättyy laajentuneeseen hermopäätteeseen. Niitä kohtia, joissa aksoni on kontaktissa lihassäikeeseen, kutsutaan synapseiksi tai neuromuskulaarisiksi liitoskohdiksi. (McComas 1996, 25; Bjålie ym. 2011, 104.) Jokainen hermosolu on yhteydessä tuhansiin muihin hermosoluihin juuri synapsien välityksellä (Enoka 2008, 182).

Motoneuroneiden tapauksessa keskushermoston kyky ohjata lihaksen toimintaa perustuu synapsien toimintaan. Synapseissa on erityisiä rakenteellisia ja toiminnallisia piirteitä, jotka mahdollistavat hermoimpulssin muuntamisen lihaksessa tapahtuvaksi impulssiksi. (McComas 1996, 25.) Kun hermoimpulssi saapuu hermopäätteeseen, sähköinen viesti kulkeutuu välittäjäaineena toimivan asetyylikoliinin mukana kohdesoluun, eli lihassoluun. Kun tämä välittäjäaine sitoutuu lihassolun solukalvoon, se saa lihassolussa aikaan depolarisoitumisen tarvittavaan kynnysarvoon, jolloin aktiopotentiaali laukeaa lihassolussa. Tämän seurauksena lihassolu supistuu. (Bjålie ym. 2011, 108–110.)

### **4.3 Aktiopotentiaali - sähköinen viesti liikkeen taustalla**

Kaikilla elimistön soluilla on niin kutsuttu kalvojännite tai kalvopotentiaali, jolla tarkoitetaan sytosolin, eli solunsisäisen nesteen, ja solunulkoisen nesteen välistä jännite-eroa. Näitä kalvojännitteen muutoksia kutsutaan synapsijännitteiksi, ja ne voivat joko kiihdyttää tai estää kohdesolunsa toimintaa. Hermoimpulssien ja lihasten supistumisen aikaan saavat sähköimpulssit, aktiopotentiaalit, perustuvat juuri solujen kalvojännitteen nopeisiin muutoksiin. (Bjålie ym. 2011, 47, 69.) Kalvojännite on suuruudeltaan hermosolun ollessa lepotilassa noin -65mV (Enoka 2008, 182).

Aktiopotentiaali on hetkittäinen muutos kalvojännitteessä, joka kulkee suurella nopeudella helposti reagoivaa kalvoa pitkin. Kun riittävän moni synapsi aktivoituu yhtäaikaan, aktiopotentiaali syntyy. Aktiopotentiaali on ”kaikki tai ei mitään” -tyyppinen reaktio, mikä tarkoittaa sitä, että aktiopotentiaalin syntyessä se syntyy aina samansuuruisena tai ei ollenkaan. Aktiopotentiaali ilmiönä kestää vain muutamia millisekunteja, arviolta noin 0,5 millisekuntia. (Enoka 2008, 186.) Ne kuljettavat informaatiota hermostossa ja

ovat liikkeen ja nopeiden reaktioiden edellytys. Kun aktiopotentiaali saavuttaa lihassolun, se käynnistää tapahtumaketjun, jonka seurauksena lihassolu supistuu. (Bjålie ym. 2011, 72.)

Osaa aksoneista ympäröi niin kutsuttu myeliinituppi (kuva 16). Myeliinituppi muodostuu hermotukisoluista, joiden tehtävänä on muun muassa muodostaa hermosolua suojaava ja tukeva solukerros. Hermoimpulssien kulkua ajatellen myeliinituppi lisää huomattavasti aktiopotentiaalin etenemisnopeutta hermostossa. Myeliinitupessa on noin 1–2mm välein Ranvieren-kuroumia, joiden kohdalla aksonin solukalvo on täysin paljaana. Näiden kuroumien ansioista hermoimpulssi voi liikkua hyvin suurella nopeudella myeliinitupen peittämiä aksoneita pitkin: hermoimpulssi ikään kuin hyppää kuroumasta toiseen. (Bjålie ym. 2011, 105, 108.)

Kun lihaksen täytyy jännittyä, se saa tarvittavat ohjeet toimia aktiopotentiaalin muodossa motoriselta aivokuoren alueelta, joka vastaa kyseisen lihaksen toiminnasta. Tämä viesti voi saada alkunsa myös suurilta selkäytimen harmaassa aineessa sijaitsevilta soluilta. Nämä viestit kulkevat aksoneita pitkin. Aksonit voivat kuljettaa myös kemiallisia viestejä ja soluelimiä motoneuronien ja lihassäikeiden välillä. (McComas 1996, 25.)

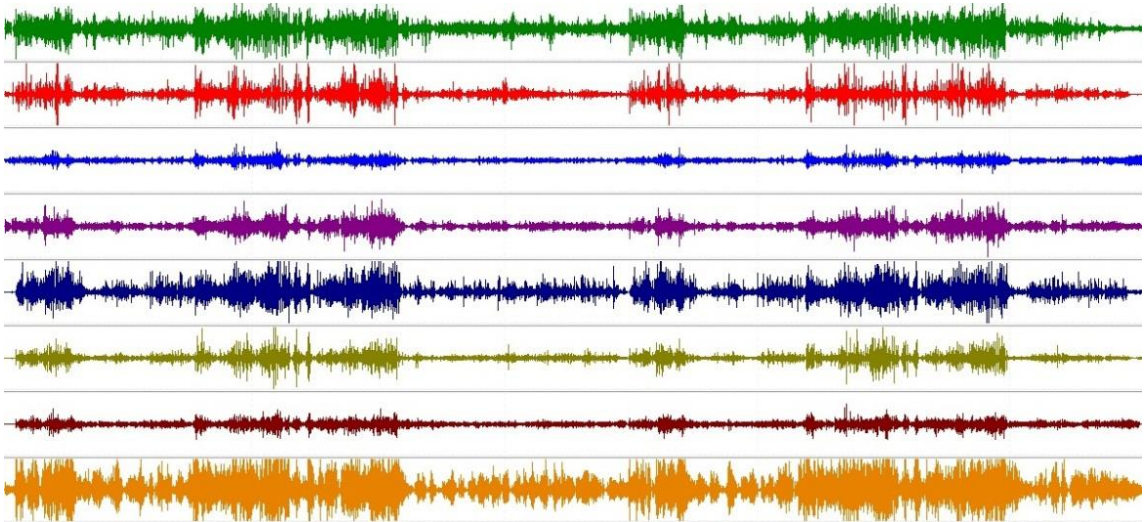
Soittaminen on pitkälti tahdonalaisten liikkeiden tarkoituksenmukaista tuottamista halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Koska hermosto on järjestelmä, joka tavallaan muuttaa aikeen toimia toiminnaksi, on se luonnollisesti tärkeässä osassa instrumenttien soittossa. Jokaisen pienimmänkin soiton aikana toteutettavan liikkeen taustalla on hermoston toiminta, jota ilman yhtäkään tahdonalaista liikettä ei olisi mahdollista toteuttaa.

## 5 ELEKTROMYOGRAFIA

Keskushermostosta alkavan aktiopotentiaalin ansiosta hermo-lihasliitoksessa tapahtuu reaktio, jonka ansiosta aktiopotentiaalin sähköinen viesti siirtyy välittäjäaineen (asetyylikoliinin) välittämänä lihassoluihin, minkä seurauksena ne jännittyvät. Lihassolujen sähköisen potentiaalien muutoksiin liittyviä sähkövirtoja on mahdollista rekisteröidä elektrodeilla. Näiden lihaksissa tapahtuvien sähkövirtojen mittaamista nimitetään elektromyografiaksi. Ylipäättään termin alku osa, elektro, on yhdistettävissä sähköön, ja myo-liite tarkoittaa lihasta. Sen avulla pystytään siis havaitsemaan sähkövirtoja, jotka leviävät lihaksessa aktiopotentiaalin seurauksena. (Enoka 2008, 197–198.)

Elektromyografian (EMG:n) avulla voidaan toteuttaa kahdenlaisia mittauksia: solunsisäisiä (intracellular) ja solunulkoisia (extracellular). Solunulkoisessa EMG-mittauksessa mitataan kahden solun ulkopuolelle (ihon pintaan) kiinnitetyn elektrodin välistä eroa, joilla havaitaan aktiopotentiaaleista syntyviä sähkövirtoja. Nämä mittaukset ovat niin kutsuttuja bipolaarisia mittauksia, jolloin tuloksena saatu signaali kuvaa näiden kahden elektrodin välistä eroa differentiaalisen tallenteen tuottamiseksi (kuva 17). Solun sisäisessä mittauksessa voidaan verrata solun sisäisen ja ulkoisen sähkökentän välistä eroa. (Enoka 2008, 197–198.)

Tapa millä lihas jännittyy vaikuttaa siihen, minkä suuruisia EMG-arvoja mittauksen aikana saadaan mitattua. Lihas voidaan jännittää kolmella tavalla: isometrisesti, konsentrisesti ja eksentrisesti. Isometrisessä lihastyössä ei tapahdu liikettä, vaikka lihasta jännitetään, konsentrisessa lihaksen pituus lyhenee sen jännittyessä ja eksentrisessä lihaksen pituus kasvaa jännittyessään, eli liikettä vastustetaan aktiivisesti. Konsentrisessa ja eksentrisessä lihastyössä tapahtuu siis liikettä, eli silloin toimivat lihakset tekevät dynaamista lihastyötä. (Nordin & Frankel 2001, 158.)



KUVA 17. Esimerkki lihaksista mitatuista EMG-signaaleista

Tutkimukset ovat osoittaneet, että eri lihastyömuotojen käyttö vaikuttaa siihen, kuinka suuri jännitys lihaksessa saadaan aikaan (Nordin & Frankell 2001, 158). Joissain lihaksissa (esimerkiksi hauislihaksessa) eksentrisen lihastyö tuottaa 10–20% suurempia voimia isometriseen lihastyöhön verrattuna. Konsentrisen lihastyötapa taas on isometriseen verrattuna hyötysuhteeltaan noin 20% matalampi. Tästä johtuen samasta lihaksesta nauhoitettujen EMG-mittausten suuruusluokka vaihtelee riippuen siitä, millaista lihastyötä mittauksen aikana on tehty. (Jacquelin 1998, 45–56.)

## 6 MUSIIKILLINEN JÄNNITE

Musiikin olemusta on pohdittu jo vuosisatoja. Sen olemuksesta ei kuitenkaan olla yhtä mieltä, ja vastaus riippuu siitä, keneltä kysytään. Onko musiikki olemassa sävelkulussa, nuotinnoksessa, säveltäjän ajatusmaailmassa, vastaanottajassa vai näissä kaikissa? Voi-ko musiikki olla pohjimmiltaan henkinen perusajatus, joka saa hahmonsä sävelissä? (Bojner-Horwitz & Bojner 2007, 24.) Ihmisille tärkein syy kuunnella musiikkia on sen aiheuttama tunnevaikutus. Ihmiset kuuntelevatkin musiikkia verrattain paljon, usein jopa tunteja päivässä (Krumhansl 2002, 45.) Krumhansl (1997, 336) pohtii houkuttelee-ko musiikki siis esiin emotionaalista vastavaikutusta kuulijoissa, vai herättääkö musiikki ainoastaan tunteita, joita kuulijat tunnistavat musiikissa?

Alankomaissa toteutettu tutkimus osoittaa, että musiikilla on dramaattinen vaikutus tunteiden havaitsemisessa. Esimerkiksi iloisen musiikin kuuntelu piristää mieltä, ja sitä kautta ihminen havaitsee myös ympärillään herkemmin iloisia ilmeitä. (Jolij & Meurs 2011.) Musiikilla onkin niin suuri tunnevaikutus, että valitsemalla tiettyntyyppistä musiikkia kuunneltavaksi voi vaikuttaa omaan mielialaansa (Bergland 2012). Tosin Stephen Davies kertoo kirjassaan (2001) *Music and Emotion*, että on väitetty, ettei ihminen voi tulla surulliseksi musiikkia kuuntelemalla, vaan musiikki ainoastaan koskettaa ihmistä; tietty tunnelataus on jo olemassa ihmisessä itsessään. Siksi esimerkiksi surullinen ihminen valitsee mieluummin surullista musiikkia kuunneltavakseen. (Bojner-Horowitz & Bojner 2007, 25).

*Musiikillinen jännite* on korkean tason käsite, jota on vaikea selittää yksinkertaisesti, sillä se on luonteeltaan subjektiivinen ja moniulotteinen (Farbood 2008, 690). Kuten jo ensimmäisessä kappaleessa pohdittiin, pelkästään jo itse musiikin olemuksen määrittäminen tuottaa hankaluuksia, mutta varmasti useimmin käytetty määritelmä liittyy äänen järjestäytymiseen: musiikki on ajallisesti järjestäytyntä ääntä sekä hiljaisuutta (Carterette & Kendall 1999, 726, Himbergin 2008 mukaan). Tätä järjestäytyntä ääntä jäseneltäessä sekä tulkittaessa kuulijoille voi muodostua hyvinkin henkilökohtainen musiikillinen kokemus. Se vaihe, missä nämä jäsentelyn osatekijät muuttuvat niinkin subjektiiviseksi asiaksi kuin tunne, on hyvin monimutkainen. Musiikillisen jännitteen käsite onkin yksi tapa ymmärtää tätä tapahtumaa. (Farbood 2008, 690.)



Musiikillisen jännitteen käsitettä on usein käytetty länsimaisessa musiikin teoriassa, mutta sille ei ole olemassa yleispätevää määritelmää, joka kuvaisi sitä, miten erilaiset musiikilliset piirteet aiheuttavat jännitteen tunteen. Useimmissa musiikkityyleissä kautta maailman äänen erilaiset ulottuvuudet luokitellaan järjestäytyneisiin suhteisiin. Näitä äänen ulottuvuuksia ja samalla siis musiikillisia piirteitä, jotka voivat aiheuttaa jännitettä musiikissa, ovat esimerkiksi sävelkorkeus, kesto, äänenvoimakkuus sekä sointi eli äänenväri. (Farbood 2008, 690.) Aiemmin tehdyt empiiriset tutkimukset (Krumhansl 1996) ovat osoittaneet, että jännitteen kokemiseen näyttäisivät vaikuttavan melodiset ääriiviivat, harmonia, tonaalisuus, nuottien tiheys ja segmentointi, sekä ekspressiiviset piirteet, kuten dynamiikka ja tempon vaihtelu. Esimerkiksi kahdessa Morwaread Farboodin toteuttamassa tutkimuksessa olivat mukana tällaiset jännitettä luovat parametrit: harmonia, melodinen ennakoiminen, sävelkorkeus, tempo, lähtötaajuus ja dynamiikka. (Farbood 2008, 690.)

## 6.1 Musiikillinen jännite ja emootio

Arkisessa kielenkäytössä sanaa emootio käytetään usein synonyyminä sanalle tunne(tila) (Erkkilä 1996, 7). Emootion käsite on kuitenkin paljon kompleksisempi. Edelleen on epäselvää, mihin musiikin emotionaaliset vaikutukset perustuvat ja millä tavoin emotionaaliset kokemukset syntyvät. Koska musiikin tunnevaikutukset sekä muut emootioihin liittyvät ilmiöt ovat hyvin monimutkaisia ja vaikeasti todennettavia, niistä ei ole yhtä, yleisesti hyväksyttyä teoreettista näkemystä. (Kallinen 1998, 1.) Emootion olemuksen ymmärtämistä vaikeuttaa myös se, että emootioiteorioita on syntynyt ajan myötä kymmeniä erilaisia ja niitä on luokiteltu erilaisiin koulukuntiin (Erkkilä 1996, 7–8.) Emootion määritelmässä heijastuu usein jokin emootion teorian kanta (Kallinen 1998, 1).

Eri emootioiteorioissa ei ole päästy yksimielisyyteen siitä, mitkä emootiot ovat perusemootioita ja mitkä eivät, vaikka fenotyypisten emootioiden on ajateltu perustuvan pienempään määrään genotyyppisiä emootioita. (Ortony, Clore & Collins, 1988, 1, Kallinen 1998, 13 mukaan). Perusemootiot ovat muodostuneet ihmisen kehityshistorian aikana, ja ne on yleensä kuvattu synnynnäisiksi hermostollisiksi malleiksi (Kallinen

1998, 13). Atkinsonin ym. (1990, 413–415) mukaan yksi peruste perusemootioiden määrittelymiselle on ollut emootioiden universaalisuus. Koska emootiot ilmaistaan ensisijaisesti kasvojen ilmeillä (kehon tai sanojen sijaan) ja niillä näyttäisi olevan kulttuurista riippumattomat merkitykset, voidaan tietyt emootiot luokitella perusemootioiksi. Tällaisia universaaleja, ympäristöstä riippumattomia kasvonilmeistä tunnistettavia perusemootioita ovat ainakin ilo, suru, viha, inho, pelko ja hämmästyminen. (Kallinen 1998, 13.) Psykologiset todisteet osoittavat, että musiikilliset tunteet käyttäytyvät ainakin jollain tasolla samoin kuin muutkin tunteet. (Krumhansl 2002, 45).

Elämässä aiemmin koetut tunnetilat luovat yleensä sellaisia olosuhteita, jotka saavat aikaan havaittavia muutoksia yksilön hyvinvoinnissa. Tunteet valmistavat yksilöä toimimaan vallitseviin olosuhteisiin nähden joko hyvinvointia ylläpitävästi tai saavuttaakseen hyvinvoinnin. (Krumhansl 2002, 45.) Emotionaaliseen tilanteeseen kuuluu usein reaktio, joka johtaa johonkin toimintaan (Atkinson ym. 1990, 401, Kallinen 1998, 5 mukaan). Esimerkiksi myönteiset tunteet, kuten mielihyvä, voivat tehostaa päätöksentekoa, luovuutta ja sosiaalista vuorovaikutusta, kun taas uhkaavissa tilanteissa ihminen pyrkii emootioiden avulla varjelemaan myönteistä minäkuvaansa ja hyvinvointia (Juujärvi & Nummenmaa 2004, 59–60). Musiikissa esimerkiksi tietyn melodian tunnistaminen saattaa voimistaa turvallisuuden tunnetta, mutta mikäli melodia on vieras, on musiikin muilla parametreilla, kuten tempolla ja sävellajilla, suurempi merkitys tunneperäisen kokemuksen kannalta (Bojner-Horowitz & Bojner 2007, 42).

Musiikilliset tunteet kuitenkin eroavat jonkin verran niin sanotuista perusemootioista. Ensinnäkin, aiemmin koetuilla musiikillisilla tunnetiloilla ei yleensä ole olennaisia vaikutuksia yksilön hyvinvointiin, ja toisaalta musiikillisia tunnetiloja harvemmin seuraa jokin ulkoinen toiminta. Toiseksi, monet, ellei jopa suurin osa emootiota vaativista tilanteista musiikkia lukuun ottamatta vaativat sosiaalista vuorovaikutusta. Emotionaaliset reaktiot välittyvät sellaisenaan esimerkiksi opitun sosiaalisen käyttäytymisen, arvojen ja motivaation perusteella, jolloin ne ovat osa omaa persoonallista historiaa ja mahdollisesti hyvin kulttuurisidonnaisia tekoja. Musiikin kuuntelu taas tehdään usein itsenäisesti eristyksissä, ja silloinkin kun se tapahtuu sosiaalisessa ympäristössä, esimerkiksi konsertissa (etenkin klassisen musiikin konsertissa), musiikin kuuntelu ei juurikaan ilmene sosiaalisena yhteistyönä. Perusemootiota vaativat olosuhteet sisältävät myös usein verbaalisia aineksia, kun taas musiikissa ollaan monesti tekemisissä vahvojen

emotionaalisten reaktioiden kanssa, jotka eivät ole yksinomaan riippuvaisia kappaleen verbaalisesta sisällöstä: onhan instrumentaalinen musiikki verrattain suosittua. (Krumhansl 1997, 336–337.)

Usein ajatellaan, että musiikin emotionaalinen tarkoitus johtuisi assosiaatioista joihinkin merkittäviin tapahtumiin, esimerkiksi henkilökohtaisiin muistoihin (Krumhansl 2002, 45). Esimerkiksi Sloboda (1999) havaitsi tutkimuksessaan musiikin käytöstä ihmisten arkielämässä, että 50% ihmisistä palautti mieleensä aiempia tapahtumia kuunnellessaan musiikkia (Bojner-Horowitz & Bojner 2007, 69). Jos kaikki olisi tässä, eri kappaleiden herättämät emotionaaliset vaikutukset vaihtelisivat hyvin paljon eri yksilöiden välillä, jokaisen menneisyydestä riippuen. Kuulijat kuitenkin reagoivat huomattavan samalla tavalla musiikin herättämiin tunteisiin. (Krumhansl 2002, 45.) Esimerkiksi Wedinin mukaan aikuinen kamarimuusikko ja kahdeksaluokkalainen poika, joka ei harrasta lainkaan musiikkia, voivat kokea musiikin emotionaalisen sisällön samalla tavalla. Ihmisen musiikillisella kokemuksella tai koulutuksella ei ole siis välttämättä mitään tekemistä sen kanssa, miten hän eläytyy musiikkiin. (Bojner-Horowitz & Bojner 2007, 46)

Laulumusiikissa sanat luovat usein emotionaalisen merkityksen musiikille, mutta suuri osa musiikista on instrumentaalista eli musiikkia ilman sanoja, joten sanatkaan eivät voi ainoastaan selittää sitä, miksi musiikki herättää tunteita. Mahdollista on myös, että musiikki imitoisi eri esineiden tai tapahtumien ääniä tunnepitoisilla miellemerkityksillä. Tällainen vertauskuvallinen äänien käyttäminen on kuitenkin melko rajallista, kun tarkastellaan paljon erilaista musiikkia. Siksi siis musiikillisilla äänillä itsessään saattaa olla luonnostaan tunteita herättävä vaikutus. (Krumhansl 2002, 45.)

Vaikka vielä ei pystytä tarkalleen osoittamaan, mikä musiikissa herättää tietyn tunteen, tutkijat yrittävät saada selville, miten musiikki vaikuttaa ihmiseen ja millainen musiikki herättää tietynlaisia tunteita (Bojner Horowitz & Bojner 2007, 70). Huomioitavaa on toisaalta sekin, että usein säveltäjän impulssina sävellystyöhön toimii jokin tunne. Esimerkiksi säveltäjä Lauri Kilpiö toteaa Säveltäjien mietteitä -tekstissään (2011), että ”minulla on pakko tai ainakin voimakas eksistentiaalinen tarve säveltää. – – voin säveltäessäni tuntea olemassaoloni ainutlaatuisen intensiivisesti, ja tämän väitteen allekirjoitan täysin edelleen.” Samalla tavoin tunne, usein vahva sellainen, saattaa sytyttää pianistin motivaation jonkin kappaleen opettelemiseen, ja myös lasten soittoharrastuksen alul-

lepaneva motivaatio on useimmiten nautinnonhakuinen. 7- ja 8-vuotiaat lapset sanovat, että he halusivat aloittaa soittoharrastuksen, koska soittaminen näytti hauskalta, jännittävältä tai nautinnolliselta (McPherson 2001; McPherson & Davidson 2006, Lamontin 2012, 576 mukaan). Persson (2001) havaitsi, että myös aikuisilla pianotaiteilijoilla motiivi soittamiseen vaikutti olevan nautinnonhakuinen: he kokivat vahvoja emotionaalisia musiikillisia kokemuksia esiintyessään (Lamontin 2012, 576).

Aikaisemmissa tutkimuksissa on osoitettu, että musiikkia voidaan kuvata luotettavasti perusemootioilla (Krumhansl 2002, 46). Esimerkiksi duurisävellaji yhdistetään iloon ja onneen, mollisävellaji liitetään suruun, inhoon ja kiukkuun. Iloiseksi koettu musiikki on voimakkaasti tonaalista ja rytmisesti vaihtelevaa, surulliseksi koettu musiikki on mollissa ja sisältää harmonista kromatiikkaa, kun taas mieltä kuohuttava, kiihdyttävä musiikki sisältää intervallihyppyjä sekä korkeita, nopeasti soitettuja säveliä. Kiukkua sisältävä musiikki on rytmisesti kompleksista tai atonaalista (sävellajitonta). Rauhalliset melodiat ovat tonaalisia ja hitaita, ja etenevät asteittain johtaen melodisiin hypähdyksiin. (Bojner Horowitz & Bojner 2007, 37–38).

Myös tutkittaessa rytmiä ja tempoa metronomilla mitattuna on käynyt ilmi, että nopeampia rytmejä pidetään iloisempina kuin hitaita (Bojner Horowitz & Bojner 2007, 37–38). Gundlach-niminen tutkija (1935) sai jo 1930-luvulla elävää musiikkia tutkiessaan selville, että nopeus vaikuttaa huomattavan paljon siihen, miten kuulija kokee musiikillisen ilmaisun (Gabrielsson & Lindström 2001, Bojner Horowitz ym. 2007, 36 mukaan). Musiikillisen ilmaisun kokemiseen vaikuttavat merkittävässä määrin rytmi ja erilaisten intervallien sijoittelu, orkesterin rekisteri, äänen taso ja sävelkorkeus (Bojner Horowitz & Bojner 2007, 36). Näin ollen tietyt musiikilliset rakennuspalikat, kuten tempo, sävellaji, voimakkuus, sävelkorkeus, harmonia, tonaalisuus ja rytmi, näyttävät olevan merkittäviä musiikillisten tunnekokemusten kannalta. Tässäkin tapauksessa kuitenkin on huomattava, että tunneilmaisut riippuvat siitä tilanteesta, jossa ihminen on, joten duuri ei välttämättä merkitsekään iloa tai onnea. (Bojner Horowitz & Bojner 2007, 37–38.) Onkin tärkeää tiedostaa, että ihminen voi mielentilansa vuoksi reagoida kahdessa eri tilanteessa täysin eri tavoin samaan musiikkikappaleeseen (Bojner Horowitz & Bojner 2007, 42).

Eräässä musiikillista emootiota ja jännitettä koskevassa tutkimuksessa (Krumhansl, 1997) käytettiin instrumentaalisia esimerkkejä, jotka kuvasivat surun tunnetta (esimerkkinä Albinonin *Adagio*), pelon tunnetta (esimerkkinä Mussorgskin *Yö autiolla vuorella*) ja ilon tunnetta (esimerkkinä Vivaldin *Kevät* sarjasta *Neljä vuodenaikaa*). Surullisissa esimerkeissä oli hitaat tempot, mollisävellaji ja melko vähäinen sävelkorkeuden sekä dynamiikan vaihtelu. Pelkoa kuvaavissa esimerkeissä oli nopeat tempot, dissonoivat harmoniat ja suuren vaihtelun dynamiikka sekä sävelkorkeus. Iloisissa esimerkeissä oli myös melko nopeat, tanssilliset tempot, duurisävellaji sekä melko muuttumaton dynamiikka ja sävelkorkeus. (Krumhansl 2002, 46.) Tämän tutkimuksen koehenkilöille soitetut kappaleet eivät olleet kuitenkaan suurimmaksi osaksi entuudestaan tuttuja, sillä muutoinhan tutkimustulokseen olisi voinut vaikuttaa se, että kappaleet ovat jo entuudestaan tuttuja. Esimerkiksi Albinonin *Adagio* saattaa herättää monissa surun tunnetta, sillä sitä soitetaan usein hautajaisissa.

## 6.2 Musiikillinen jännite ja musiikilliset odotukset

Kun kuuntelee musiikkia, mieleen alkaa yleensä automaattisesti syntyä erilaisia odotuksia siitä, mitä musiikissa seuraavaksi voisi tapahtua. Ahosen (2001, 292) mukaan nämä musiikilliset odotukset ovat oletuksia, joita tehdään musiikin jatkumisesta. Aiemmin mainitut äänen erilaiset ulottuvuudet (sävelkorkeus, kesto, äänenvoimakkuus sekä sointi) luovat erilaisia odotuksia riippuen siitä, miten ne ovat järjestäytyneet. Marguliksen (2005) mukaan ihmismielen selviytymisen perusstrategiana on luoda odotuksia, koska aiemmat kokemukset auttavat tulevaisuuden käsittelemisessä. Sekä odotukset itsessään ja se, miten ne joko on tai ei ole ratkaistu, vaikuttavat siihen, miten ihmiset havaitsevat jännitteen musiikissa. (Farbood 2008, 690.)

Aikaisemmat kokemukset musiikin tyyllillisistä piirteistä vaikuttavat musiikin herättämiin odotuksiin, ja tämä omaksuminen tapahtuu sopeutumalla kulttuurin säveljärjestelmään jo pienestä pitäen (Ahonen 2001, 294). Musiikillisten odotusten kehittyminen vaatii kuitenkin tarkkaavaisuuden suuntaamista musiikin piirteisiin ja paneutumista musiikillisiin tapahtumiin (em. 2001, 292). Meyerin mukaan (1973, 118) kuulijassa herää odotuksia erityisesti silloin, kun musiikin parametrit ovat jollain tavalla epätäydellisiä tai monimutkaisia (Ahonen 2001, 294). Tällöin ne antavat vihjeen monista erilaisista

seurausmahdollisuuksista. Se, millä tavalla nämä odotukset sitten toteutuvat, vaikuttaa musiikin herättämiin emotionaaliin ja esteettisiin reaktioihin. (Meyer 1956, 22, Ahosen 2001, 294 mukaan.) Tästä on esimerkkinä harhalopuke. Musiikillinen tarkoitus ja emotio riippuvat siitä, miten ennakointi suhteutuu musiikin todellisiin tapahtumiin: jotkut musiikilliset asiat aiheuttavat vahvan jatkumon tunteen, toiset täyttävät odotuksia. Osa taas luo jännitteen ja epävakauden tunteen. (Meyer 1967, 43, Krumhansl:n 2002, 45–46 mukaan.)

Yksi lähestymistapa musiikillisten odotusten syntymiseen on Narmourin (Ahonen 2001, 295; 1991, 1992) implikaatio-realisaatio-teoria, jonka mukaan musiikilliset odotukset ovat universaaleja, tyylistä riippumattomia. Narmourin mukaan odotukset syntyvät automaattisesti, ja ne liittyvät melodian alkeistekijöihin kuten konsonanssi-dissonanssi-havaintoon, intervaleihin ja siihen, mihin suuntaan melodia kulkee. Teoriaa tukee Björkvoldin (1991) ajatus siitä, että musiikilliset peruselementit ovat juurtuneet ihmisen aisteihin jo paljon ennen syntymää. Näitä elementtejä on kolme: ääni, liike ja rytmi. (Bojner Horowitz & Bojner, 2007, 34). Kulttuurien väliset vertailut osoittavat, että tietyt musiikillista ennakointia koskevat psykologiset periaatteet kyllä ovat melko yleisiä, mutta erilaisissa musiikillisissa kulttuureissa nämä periaatteet korostuvat eri tavoin (Krumhansl 2002, 45).

Toisen täysin vastakohtaisen teorian mukaan, jota esimerkiksi Leonard Meyer edustaa, musiikillisten odotusten syntyminen edellyttää, että kuulija on sisäistänyt tonaalisen tyylin periaatteet. Ahosen (2001, 293) mukaan kuunneltavan teoksen hahmottaminen ja näyttäytyminen kuulijalle riippuu hänen kognitiivisesta työstämisestään. Mitä harjaantuneempi kuulijan musiikillinen korva on ja mitä enemmän kuulija tietää kuulemansa musiikin tyylipiirteistä (niin sanotusta musiikillisen tyylin ”kieliopista”), sitä monipuolisemmin hän tulkitsee ja hahmottaa kuulemansa musiikin. Näitä opittuja periaatteita voidaan kutsua musiikin rakenteelliseksi tietämykseksi. Ihmisen auditiivinen järjestelmä ei siis toimi siten, että se kopioisi musiikkia mekaanisesti, vaan aivot tarkastelevat ja tulkitsevat musiikkia siihen saakka omaksumansa kognitiivisen struktuurin välityksellä (Ahonen 1996; 1997; 2001, 293–294).

Musiikilliset odotukset aiheutuvat musiikin eri piirteiden, kuten melodia-, rytmi-, harmonia- ja muotohahmojen järjestymisen seurauksesta. Kuulija alkaa esimerkiksi päätel-

lä, kuinka melodia tulee jatkumaan tai viekö tietynlainen sointulopuke sävellyksen päätökseen. Tällainen prosessointi ei kuitenkaan useimmiten ole tietoista. Koska odotukset perustuvat oppimiseen ja aikaisempiin musiikillisiin kokemuksiin, ne ovat muokattavissa olevia, eli toisin sanoen omaa musiikillista ymmärtämystään voi parantaa harjaannuttamalla korvaa. (Ahonen 2001, 293.) Esimerkiksi Beethovenin pianoteoksessa *Für Elise* alun teema on sävelletty siten, että se toistuu useampaan kertaan ja korva oppii nopeasti tunnistamaan sen. Silloin kuulija tai soittaja alkaa automaattisesti olettaa aina tutun teeman ensimmäiset sävelet kuullessaan, että teema jatkuu samalla tavalla kuin ensimmäiselläkin kerralla.

Länsimaisen musiikin tonaalinen järjestelmä antaa monia eri viitteitä siihen, mitkä nuotit tai harmoniat ovat tärkeämpiä kuin toiset. Ahosen mukaan (2001) duuri-molli -tonaalisessa musiikissa asteikon sävelillä on ikään kuin vakiintunut taipumus toimia melodiassa tietyllä tavalla, joko saada aikaan jännitettä tai toisaalta luoda levollisuutta. Toonikalla eli asteikon perussävelellä on hallitseva erityisasema, koska se on luonteeltaan kaikkein vakain ja levollisin. Seuraavaksi vakaimmat sävelet ovat dominantti ja medianntti (asteikon viides ja kolmas sävel). Niillä onkin läheisin yhteys toonikaan. Kaikkein aktiivisin ja määrätietoisin sävel on asteikon seitsemäs eli johtosävel, sillä melodia suuntautuu siltä yleensä ylöspäin perussäveleen. Sama logiikka pätee myös harmonioihin, joskin sointuihin latautuneet jännitteet ovat vielä voimakkaampia kuin melodian sävelien jännitteet. Myös eri soinnuilla on sointukuluissa erilaisia funktioita, ikään kuin erilaisia ”tehtäviä”, joita kutsutaan tehoiksi. Melodiset ja harmoniset prosessit rakentuvat vain kolmen eri tehon: perus-, lepo- ja huipputehon ympärille. (Ahonen 2001, 299–300.)

Krumhansl (1990, 62–75) antaa yhden selityksen sävelten välisen hierarkian kokemiin. Hänen mukaansa sävelten keskinäisiä määriä analysoitaessa on nimittäin todettu, että ne noudattavat musiikin teorian kuvaamia suhteita: toonika esiintyy sävellyksessä kaikkein useimmin, seuraavaksi dominantti ja niin edelleen. Toisin sanoen sävelten määrälliset jakaumat saavat kuulijan ennen pitkään herkistymään hierarkialle, joka sävelten välillä on. Lisäksi Krumhansl havaitsi, että rakenteellisesti tärkeät nuotit ovat pääsääntöisesti kestoltaan muita pidempiä, ne ovat usein dynaamisesti painotettuja ja ne sijaitsevat sävellyksissä keskeisimmillä paikoilla, fraasien alussa ja lopussa. Näiden

avulla kuulija omaksuu vähitellen tiedostamattaan tonaalisen musiikin säännönmukaisuudet ja järjestysperiaatteet. (Ahonen 2001, 300.)



## 7 BRAHMSIN RAPSODIA OP. 79 NRO 1

Musiikissa sanaa rapsodia on alettu käyttää 1800-luvun alusta alkaen merkitsemään loisteliaita ja taidokkaasti muotoiltuja fantasioita kansansävelmistä yms. (*Tammen musiikkitietosanakirja* 1983, 110). Toisin sanoen rapsodialla ei ole tiettyä sävellyskaavaa, vaan ne ovat koosteita erilaisista teemoista. Brahmsin rapsodioiden tapauksessa kyse ei kuitenkaan ole täysin muotovapaasta fantasiasta, vaan esimerkiksi ensimmäisen rapsodian alku muistuttaa sonaattimuotoa, joskaan ei ole sitä.

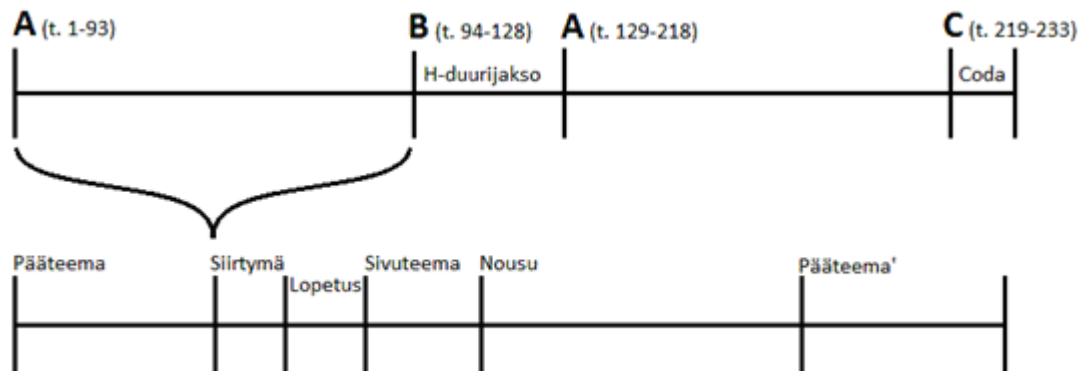
Johannes Brahmsilla (1833–1897) oli tyypilliseen tapansa vaikeuksia päättää, miten nimeäisi vuonna 1879 sävelletyt, opuksen 79 kappaleensa (Witten 1997, 245). Rapsodioiden 1 (h-molli) ja 2 (g-molli) op. 79 ensiesityksessä Krefeldissä 20.1.1880 molemmat teokset olikin nimetty kapriiseiksi (Palmer 2014). Brahms oli kuitenkin ajatellut nimetä kappaleet rapsodioiksi ja kysyikin vielä pari kuukautta ennen kappaleiden julkaisua mielipidettä yhdeltä parhaimmista ystävistään, Elizabeth von Herzogenbergiltä, jolle teokset on myös omistettu. Näin kappaleet saivat lopulta nimen rapsodia. (Witten 1997, 245.)

Tutkimme opinnäytetyössämme rapsodiaa op. 79 nro 1 h-molli (liite 1) kolmen eri musiikillisen parametrin näkökulmasta. Valitsemamme parametrit olivat harmonia, dynamiikka ja melodiset ääriviivat ja teimme näistä musiikillisen jännitteen kolmen parametrin mallin, jossa ne ovat luettavissa allekkain (liite 2).

### 7.1 Harmonia

Brahmsin ensimmäisestä rapsodiasta on selkeästi erotettavissa neljä eri jaksoa: A, B, A ja C (kuva 18). A-jaksot ovat paria viimeistä tahtia lukuun ottamatta täysin identtiset ja ne myös muistuttavat muodoltaan sonaattimuotoa, varsinkin ensimmäinen A-jakso, jonka alkupuolella on kertausmerkit. A-jakso ei kuitenkaan edusta sonaattimuotoa. Rapsodian A-jaksojen välissä on lyyrinen B-jakso, joka koostuu osittain A-jakson materiaalista, mutta sen pääsävellaji on h-mollin sijasta H-duuri. C-jakso muodostaa *codan*, kappaleen lopetuksen, ja sen teema rakentuu myös A-jakson materiaalista. Kappaleen perus-

sävellaji on h-molli. Codan viimeisillä tahdeilla kappale kääntyy duuriin ja päättyykin valoisammissa tunnelmissa H-duuriin.



KUVA 18. Jaksot A, B ja C Brahmsin rapsodiassa op. 79 nro 1. Alempi jana kuvaa A-jakson kulkua yksityiskohtaisemmin

Rapsodia alkaa dominanttisoinnulta ( $F^{\#7}$ ), joka vuorottelee toonikan (h-mollin) kanssa. Koko teoksen pääteema koostuu pisteellisistä 4-osanuoteista, jotka pyrkivät basson murtosointukuvion avustamana 8-osanuoteille (kuva 19). Triolirytmiteoksen alussa muistuttaa enemmän melodian koristelua, mutta varsinkin myöhemmin sen temaattinen merkitys kasvaa (Witten 1997, 245). Teema esiintyy ensiksi oikeassa kädessä, mutta pian se siirtyy myös vasemmalle kädelle. Ylipäätään koko rapsodiassa mielenkiintoisimmat teemat vuorottelevat usein oikeassa ja vasemmassa kädessä.



KUVA 19. Pääteema, joka alkaa triolikuviolla, ja jossa pisteelliset neljäsosat pyrkivät kahdeksasosille (tahdit 1–3)

Pääteema (tahdit 1–16) kadensoi dominantille fis-molliin, jota voidaan pitää siirtymänä (tahdit 16–22) pidättäytyvämpään lopetukseen (tahdit 22–29). Pääteeman tunnelmaa kuvaa esitysohje *Agitato*, kiihkeästi: musiikki on rauhatonta ja myrskyisää, ja sävellaji vaihtuu siinä tiuhaan: ennen siirtymistä fis-molliin käydään sekä d-mollissa että f-mollissa. Siirtymä taas on tunnelmaltaan hämyistä ja etsiskelevää, kunnes päättyy Fis-

duurin kautta h-mollin rinnakkaissävellajiin D-duuriin ja rauhoittuu suurilla soinnuilla hetkeksi siihen. Esitysohje tässä kohtaa on *sostenuto sempre*, koko ajan pidätellen.

Rauhoituttuaan D-duuriin, kappale kääntyykin d-molliin. Sivuteema (tahdit 30–39) on laulava, jopa surullisen haikea (kuva 20), mutta se keskeytyy pian tahdissa 39 alkavalla neljällä mahtipontisella forte-B-duurisoinnolla. Alun teema esitellään uudelleen tässä sävellajissa. Tahdissa 43 sävellaji vaihtuu Ges-duuriin, ja siitä alkaa jännitteinen, kromaattinen nousu kohti A-jakson kulminaatioita. Nousu (tahdit 39–66) päättyy kahteen asteikkoon, ensin tulee F-duuri ja sitten puolissävelaskeleen ylem্পää Ges-duuri, joka on tietenkin enharmonisesti sama kuin kappaleen dominantti Fis-duuri. Kappaleen kulminaationa voidaan pitää laajalla ambituksella olevasta F-duurisoinnusta (tahti 60) alkaen aina asteikkojen ylimpään ääneen (tahti 66) asti.



KUVA 20. Sivuteema (tahdit 30–33)

Yksinäinen sävel fis (jälkimmäisessä A-jaksossa oktaavi-fis) roikkuu tahdin (tahti 66) verran ilmassa kuin kysyen, mitä seuraavaksi tapahtuu, mutta odotusten vastaisesti tahdissa 67 ei alakaan uusi ja erilainen teema, vaan täsmälleen sama pääteema kuin kappaleen alussakin (Witten 1997, 245). Tämä pääteeman kaltainen jakso (pääteema' tahdit 67–93) ei kuitenkaan moduloi enää uusiin sävellajeihin, vaan toistaa V-I -liikettä, ja se viedään isoilla murtosoinnuilla ja oktaaveilla edellistä kertaa suurempaan kliimaksiin, joka lopulta päättyy h-mollisoinnulle. Muutamat tahdit (tahdit 89–93) luovat muistumaa vielä haikeasta d-molliteemasta, mutta A-jakso päättyy kuitenkin avoimelle Hm9 -soinnulle (h, fis, cis).

B-jaksossa alkaa kaunis ja valoisa, täysin uusi teema, duuriteema (tahdit 94–128). Materiaalinaan se käyttää A-jakson sivuteemasta tuttua oikean käden teemaa (kuva 21), joskin sitä on muokattu jonkin verran. Urkupisteenä toimii alkuun h-sävel, toisinaan urkupiste on myös cis-, fis- tai a-sävel. Urkupisteet juurruttavat B-jaksoa hieman hillitymmäksi, ja siksi jakso pysyy tunnelmaltaan melko seesteisenä koko ajan. Sävellajikin on melko uskollinen H-duurille tahdeissa 107–112 olevaa, lyhyttä D-duuri-poikkeamaa

lukuun ottamatta. Näissä tahdeissa esiintyvä A-duuri (dominantti D-duurille, h-mollin rinnakkaissävellajille) saa aikaan pienen jännitteen kasvun, ja luo hetkeksi avoimen tunnelman kappaleen muuten niin synkkää materiaalia vasten.



KUVA 21. Duuriteema, jossa on h-urkupiste (tahdit 94–98)

Tahdissa 127 B-jakso pysähtyy yhtäkkiä h-mollisoinnulle ja kappale on taas odottavalla kannalla. Pääteema alkaa taas uudestaan ja koko A-jakso toistuu täysin identtisenä tahdiin 217 asti (A-jakso uudestaan tahdit 129–218.) Tahdeissa 217–218 siirrytään pienellä rauhoittumisella CODAAN (tahdit 219–233), jonka oikean käden triolikuvioiden luo epävakautta vasemman käden soittaessa taas d-mollisivuteemasta tuttua surullista teemaa, nyt vain h-mollissa (kuva 22). Codaa leimaa askeettisuus ja vääjäämättömyys, joka kuitenkin taittuu tahdissa 230 H-duurisävellajiin. Vaikka lopun duuri luo toivoa, lopetusta ei voi varsinaisesti kuvata vapautuneeksi, onhan takana varsin synkkää materiaalia.



KUVA 22. Coda. Bassossa esiintyy sivuteemasta tuttu haikea melodia, jota oikean käden triolikuvioiden säestää (tahdit 221–224)

Musiikillisen jännitteen kolmen parametrin mallissa (liite 2) harmonia löytyy ylimmästä sarakkeesta. Harmonia-analyysissä on otettu huomioon lähinnä dominantti-toonika -liikkeet ja sävellajivaihdokset. Romanttisen taidemusiikin analysoiminen sointuasteilla ei ole enää kovin mielekäs, sillä teokset sisältävät niin paljon sävellajivaihdoksia ja kromatiikkaa, että sointuasteiden merkitseminen ei kerro enää kaikkea harmoniasta. Rapsodian analysoiminen onnistui kuitenkin vielä suurimmaksi osin sointuasteina, joten taulukossa on käytetty sekä reaalisointumerkkejä (esim. F<sup>#7</sup>) ja sointuasteita (esim. V<sup>7</sup>). Sointuasteet kertovat paremmin sen, milloin sävellaji vaihtuu.

Musiikillisen jännitteen kannalta tiuha sävellajien vaihtaminen luo rauhattoman tunnelman, sillä soittajan tai kuulijan korvaan ei ehdi vakiintua mitään pysyvää sävellajia. Dominantti, joka toivoo aina purkautuvansa toonikalle, sisältää musiikillisesti vahvan jännitteen, ja siksi esimerkiksi tiuha dominantti-toonika-vaihtelu tuntuu musiikillisesti kiihkeältä. Rapsodian alussa oleva pääteema on tällainen: se koostuu lähinnä dominantti-toonika -liikkeestä sekä sävellajivaihdoista. Sen sijaan B-jakso, jossa pysytellään lähinnä yhdessä sävellajissa, on huomattavasti rauhallisemman oloinen.

## 7.2 Dynamiikka

Rapsodiassa oleva dynamiikka vaihtelee suuresti, sillä siinä liikutaan hiljaisimmista *pianissimo*-nyansseista voimakkaimpiin *fortissimo*-nyansseihin. Tämän lisäksi kappale sisältää suuria kasvatteluja ja toisaalta myös seesteisempiä, yhden nyanssin jaksoja. Rapsodia sisältää paljon pieniä paisutteluja *crescendo-diminuendo*-liikkeineen, jotka lisäävät teoksen vivahteikkuutta ja eloisuutta.

Kolmen parametrin mallissa (liite 2) dynamiikka sijaitsee toisessa sarakkeessa, harmonian alapuolella. Dynamiikka näyttää korreloivan varsin selvästi melodisten ääriiviivojen liikkeisiin: usein *crescendon* myötä sekä melodia- että bassolinja nousee, tai sitten melodialinja nousee ja bassolinja laskee, varsinkin voimakkaimmissa ja pitkäkestoisemmissa *crescendoissa*. Vastaavasti *diminuendoissa* linjat lähenevät toisiaan. Hiljaisten nyanssien vallitessa melodialinja pysyttelee usein keskirekisterissä, kun taas voimakkaammissa nyansseissa se kohoaa korkeammalle. Samoin bassolinja käy alimmilla sävelillään ainoastaan voimakkaammissa nyansseissa.

## 7.3 Melodiset ääriviivat

Melodiset ääriviivat -käsite tarkoittaa tämän teoksen melodista linjaa ja bassolinjaa. Melodia kulkee suurimmaksi osin oikean käden ylä-äänissä, mutta myös vasen käsi saa vetovastuun toisinaan. Selkeimmin melodia kulkee vasemmassa kädessä esimerkiksi tahdeissa 16–21 (sekä vastaava kohta myöhemmin), ja tahdeissa 49–53, jossa se vuorottelee oikean käden kanssa. Rapsodiassa on myös useita kohtia, joista on vaikeampi sa-

noa, missä melodialinja kulkee, sillä se sekoittuu helposti muuhun materiaaliin. Tällaisissa kohdissa bassolinja näyttölee usein niin suurta roolia, että on vaikea sanoa, kumpi niistä on tärkeämpi (esim. tahdit 53–60).

Kolmen parametrin mallissa (liite 2) melodiset ääri viivat on kuvattu graafisena kuviona, jossa melodialinjaa kuvaa punainen viiva ja bassolinjaa sininen viiva. Tarkkuus on kahdeksasosanuotin luokkaa, joten kappaleissa esiintyvistä 16-osatrioleista on otettu ainoastaan ensimmäinen ääni. Taulukosta näkee sen, että Brahms käyttää hyvin usein varsin isoa ambitusta, jos dynamiikka on voimakas (*forte* tai *fortissimo*). Sen sijaan hiljaisemmissä nyansseissa melodia- ja bassolinjat ovat selkeästi lähempänä toisiaan. Niissä kohdissa, joissa bassolinja kipuaa melodialinjan yläpuolelle, melodiavastuu on vasemmalla kädellä.

## 8 TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimalla soiton aikana ilmenevää lihasaktivaatiota tavoitteenamme oli löytää mahdollisia tekijöitä, joilla voidaan edistää pianistien työhyvinvointia, ehkäistä työkyvyttömyyttä ja siten pidentää työuria. Opinnäytetyömme tarkoituksena oli selvittää pianistien yläraajojen ja yläselän lihasten lihasaktivaation yhteyttä musiikillisen jännitteen tuottamiseen.

Tutkimusongelmat:

1. Miten yläraajojen lihasaktivaatio on yhteydessä Brahmsin rapsodian op. 79 nro 1 musiikillisen jännitteen kolmeen parametriin (harmonia, dynamiikka ja melodiset ääriwiivat)?
2. Onko soittajien välillä eroa soiton aikana tarvittavan lihasaktivaation määrässä? Mistä soittajien väliset mahdolliset eroavaisuudet lihasaktivaation määrässä johtuvat?

Tutkimushypoteeseinamme oli, että harmonian kannalta dissonoivat tai dominanttitehoiset soinnut olisivat kaikkein jännitteisimpiä, kun taas niiden purkaukset olisivat enemmänkin lepotiloja. Dynaamisesti hiljaisissa kohdissa lihasaktivaatio olisi keskimäärin pienempi kuin voimakkaammissa kohdissa. Melodiset ääriwiivat vaikuttaisivat musiikilliseen jännitteeseen siten, että mitä korkeammaksi melodia kulkee, sitä suurempi jännite olisi.

Tutkimushypoteesinamme oli myös, että pianonsoitossa tarvittavan lihasaktivaation määrä olisi jokaisella pianistilla erisuuruinen, ja tähän vaikuttaisivat ainakin pianistin tekniikan taso, kehon koko ja yläraajan ja käden suuruus tai pienuus, istuma-asento ja etäisyys soittimeen. Myös soittajan tulkinnallinen näkemys vaikuttaisi lihasaktivaation määrään.

## 9 TUTKIMUSMENETELMÄT

TAMK:n sosiaali- ja terveysalan sekä musiikin opiskelijoina olimme kiinnostuneita tutkimaan pianistien lihasaktivaatiota soittotilanteessa ja musiikillisen jännitteen aiheuttamia fyysisiä vaikutuksia kehoon. Eri alojen opiskelijoina meille aukeni mahdollisuus moniammatilliseen yhteistyöhön. Tutkimuksessamme pystyimme hyödyntämään TAMK musiikin pianolaboratorion tarjoamia mahdollisuuksia kuten videointia, äänittämistä ja koskettimien painamisnopeuden mittaamista. Lihasaktivaation mittaamiseen tarvittavan laitteiston saimme käyttöön TAMK:n Kuntokatu 4:n toimipisteeltä.

Valitsimme tutkittavaksi teokseksi Brahmsin rapsodian op. 79 nro 1, koska teos sisältää musiikillisesti hyvin erilaista materiaalia: siinä liikutaan koko klaviatuurin alueella ja nyanssit vaihtelevat pianissimosta fortissimoon. Sen lisäksi kappale sisältää teknisesti vaikeampia kuvioita, esimerkiksi oktaaveja, muita isoja otteita ja hyppyjä. Rapsodiassa on myös rauhallisempia jaksoja, sillä tutkimuksen kannalta toivoimme saavamme mahdollisimman erilaisia tuloksia lihasaktivaation käytöstä ja sen korrelaatiosta musiikilliseen jännitteeseen.

Käytimme tutkimuksessamme Leonard Meyerin edustamaa, tonaalisen tyylin tuntemista edellyttävää musiikillisen jännitteen analysointia. Tämä oli mielekkäämpää siksi, koska olemme itse kasvaneet kulttuurissa, jossa länsimainen tonaalinen taidemusiikki on luonut vankan pohjan musiikkikasvatuksellemme, ja siksi, koska teoksemme edustaa länsimaista taidemusiikkia. Meidän tapamme ymmärtää musiikillista jännitettä perustuu siis suureksi osaksi tonaalisuuden ymmärtämiseen.

Kuten jo aiemmin kappaleessa 6 todettiin, musiikillisen jännitteen kokemiseen näyttäisi tutkimusten perusteella vaikuttavan erilaiset musiikilliset parametrit, joita ovat muun muassa harmonia, sävelkorkeus, tempo, melodinen ennakoiminen, dynamiikka sekä melodiset ääriviivat. (Farbood 2008, 690.) Koska erilaisia parametreja on niin valtava määrä, rajasimme tutkimuksemme kolmeen eri parametriin: harmoniaan, dynamiikkaan ja melodisiin ääriviivoihin, joiden kautta lähestyimme Brahmsin rapsodiassa olevaa musiikillista jännitettä.



Harmonian kuljetuksella on keskeinen osa länsimaaisessa tonaalisessa taidemusiikissa. Erilaisilla harmonisilla soinnuilla on tiettyjä tehoja, ja toiset sointuharmoniat koetaan toisia jännitteisemmiksi. (Ahonen 2001, 300.) Siksi ehkä selvin parametri, jonka valitsimme tutkimuskohteeksemme, olikin juuri harmonia. Toinen parametri, dynamiikka, oli myös suhteellisen selkeä valinta, sillä rapsodiaan on sävelletty paljon voimavaihteluita ja teoksessa on nopeasti vaihtuvia nyansseja: äkillisiä *fortissimoja* tai *subito pianoja*. Teoksesta löytyy myös pidemmän aikaa kestäviä esitysohjeita (esimerkiksi suhteellisen seesteinen duurijakso), hitaasti etenevää kasvattelua, aksentteja sekä sointiin ja äänensävyyn liittyviä esitysohjeita kuten *mezza voce*. Halusimme tutkia, miten erilaiset dynamiikkavaihtelut vaikuttavat lihasaktivaatioon ja musiikillisen jännitteen kokemiin.

Rapsodiassa on paljon kontrasteja myös melodisten ääriviivojen, melodialinjan ja bassolinjan osalta, joten lopulta päädyimme valitsemaan melodiset ääriviivat kolmanneksi tutkimuskohteeksemme. Teos on sävelletty siten, että siinä on sekä ”myrskyisämpiä” pätkiä, joissa melodiset ääriviivat ovat tosi leveällä: bassot jylisevät alhaalla ja ylä-ääni laulaa ylhäällä. Näissä pätkissä myös oktaavi- tai sointuhyppyjä on huomattavan paljon. Vastapainoksi teoksessa on rauhallisempia jaksoja, joissa melodiset ääriviivat pysyttelevät hyvin lähellä toisiaan.

Teimme teoksen analyysin musiikillisen jännitteen näkökulmasta sellaiseen muotoon, että se oli käyttökelpoinen vertailtaessa sitä lihasaktivaatioon. Teimme musiikillisesta jännitteestä mallin, jossa kaikki kolme parametria, harmonia, dynamiikka ja melodiset ääriviivat, ovat allekkain ja luettavissa tahdeittain. Näin ollen myös musiikillisen jännitteen käyttäytyminen kappaleessa oli helpommin hahmotettavissa näiden parametrien osalta. Rapsodian musiikillisesti jännitteiset kohdat olivat perusteltavissa teoksen musiikin teoreettisella analyysillä, mutta ne olivat myös kuultavissa teoksen esityksistä.

Tutkimukseemme osallistui kaksi noin 20-vuotiaasta pianistia, joista käytimme nimityksiä pianisti A ja B heidän anonymiteettinsä turvaamiseksi pianistien toiveesta. Pianistit harjoittelivat valitsemamme teoksen ja pitivät sen harjoittelusta harjoituspäiväkirjaa. He kirjasivat ylös harjoitteluun liittyviä asioita: minä päivinä ja kuinka kauan he harjoittelivat ja ilmenikö heillä teosta harjoitellessaan kipua, puutuneisuutta, lihasheikkoutta, käden väsymistä tai muuta sellaista. Ajatuksena oli, että he kirjaisivat mahdollisimman

tarkasti, millaisia tuntemuksia soiton aikana mahdollisesti ilmaantui ja missä kohdin kappaletta nämä oireet ilmenivät.

Myös tutkimukseen osallistuneiden pianistien henkinen vire voi vaikuttaa soittoharjoitteluun, joten he saivat kirjata harjoittelupäiväkirjoihinsa havaintoja omasta vireystilastaan kappaleen harjoittelun aikana. He saivat kirjoittaa ylös myös muista havainnoista, tunteista ja ajatuksista, joita he harjoittelunsa aikana kokivat. Pianisti A ei ollut ennen soittanut valitsemaamme teosta, mutta pianisti B oli soittanut teoksen jo aikaisemmin.

Tutkimukseen osallistuneille pianisteille tekemämme kyselylomakkeen (liite 3) avulla selvitimme heidän perustietojaan: soiton harjoittelun määrää, mahdollisia harjoittelusta johtuneita vammoja ja liikuntatottumuksia. Havainnoimme myös heidän ryhtiään seis-  
ten, istuen ja pianon ääressä istuen. Mittasimme pianistikohtaisesti heidän yläraajojensa, kaularankansa ja selkärankansa kiertojen liikelaajuudet istuma-asennossa, selkärankansa fleksion, ekstension ja lateraalifleksioiden liikelaajuudet seisoma-asennossa. Liikkuvuusmittausten yhteydessä havainnoimme myös pianistien humero-scapulaarista rytmiä ja ylipäättään heidän aktiivisten liikkeidensä laatua ja symmetrisyyttä.

Toteutimme heidän sormienpäidensä etäisyyksien mittaukset siten, että kehoitimme tutkittavaa pianistia asettamaan kätensä pöydän pinnalle ja viemään sormensa ääriabduktioon pitäen kätensä kiinni pöydässä. Kielsimme pianistia auttamasta toisella kädellään sormiensa abduktoimista. Mittasimme sormien päiden etäisyydet läpinäkyvällä viivoittimella.

Puristusvoimamittaukset toteutimme Saehan -puristusvoimamittarilla (SAEHAN Corporation, Korea, Masan) tutkittavana olevan pianistin ollessa istuma-asennossa siten, että pianistin mitattavan käden kyynärnivel oli noin 90 asteen kulmassa, ja toinen käsi oli rentona vartalon vieressä. Kehotimme tutkittavana olevaa pianistia tekemään puristukset siten, ettei hän muuta istuma-asentoaan tai muuta kyynärnivelensä kulmaa tai muuten liikuta mitattavan puolen kättään mittauksen aikana. Käyttämämme mittari ilmaisee puristusvoiman kiloina, eikä newtoneina.

Näillä tutkimuksilla pyrimme saamaan mahdollisimman kokonaisvaltaisen kuvan pianistien senhetkisestä tilanteesta. Näiden mittausten toteuttaminen ennen pianolaborato-

riolla tehtäviä mittauksia oli mielestämme tarpeellista, koska jos esimerkiksi ryhtitarkastuksissa olisi ilmennyt patologisia löydöksiä, ne olisivat voineet luonnollisesti vaikuttaa myöhemmin tehtäviin mittauksiin, pianistien soittotapaan ja valittujen lihasten aktiviteettiin soiton aikana.

Toteutimme EMG-mittaukset, soiton äänittämisen, videoinnin ja Disklavier-datan keräämisen Tampereella sijaitsevassa pianolaboratoriossa, joka on ollut TAMK:n pianonsoiton opiskelijoiden käytössä helmikuusta 2011 asti lähinnä opetustilana. Toteutimme mittaukset sellaisissa olosuhteissa, joissa esiintymisestä aiheutuva jännittäminen tai stressi saatiin mahdollisimman vähäiseksi. Näin tutkimukseemme osallistuneet pianistit pystyivät soittamaan mahdollisimman rennossa tilanteessa, jolloin myös esiintymisjännityksen mahdolliset vaikutukset lihasaktivaatioon soiton aikana saatiin minimoitua.

Opinnäytteessämme toteuttamamme EMG-mittaukset olivat solunulkoisia mittauksia. Mittasimme valittujen lihasten aktiviteettia bipolaarisilla pintaelektrodeilla soiton aikana. Käytettävissä olleella EMG-mittauslaitteistolla pystyimme mittaamaan neljän eri lihasen tai lihasryhmän aktiivisuutta. Valitsimme mittauksiimme tutkittavaksi lihaksiksi m. trapeziuksen laskevan osan, m. deltoideuksen keskiosan, sekä ranteen ja sormien ekstensorit ja fleksorit. Hallbeck ja Wristen (2009) mittasivat pianistien lihasaktiivisuutta kyynärvarren ekstensoreista ja fleksoreista, sekä trapezius- ja masseterlihaksista. Emme käyttäneet masseterlihaksia mittauskohteena, sillä niiden arvioitiin Hallbeckin ja Wristenin tutkimuksessa kertovan yleisestä jännittyneisyydestä (esiintymisjännityksestä) soiton aikana.

Ennen kappaleen soittamista määritimme tutkittavien pianistien maksimaalisen isometrisen lihasaktivaation määrän manuaalista lihastestausta hyödyntäen. Manuaalisessa lihasteustauksessa vastustetut liikkeet olivat hartioden elevaatio ja olkanivelten abduktio. Ranteiden ja sormien osalta selvitimme maksimaalisen lihasaktivaation ohjeistamalla pianisteja puristamaan sormiaan nyrkkiin ja ojentamaan sormiaan niin tehokkaasti kuin mahdollista. Käytimme maksimaalisen lihasaktivaation määrittämisessä Megawin 3000P -mittausohjelmaa (2.3.1, Mega Elektroniikka Oy 2000, Suomi, Kuopio) ja EMG-mittauslaitteistoa MuscleTester ME3000P8 (Mega Elektroniikka Oy 2000, Suomi, Kuopio). Mittausohjelman antamissa tuloksissa pystyakseli kuvaa lihasaktivaation määrää mikrovoltteina (uV) ja vaaka-akseli kuvaa mittauksessa kulunutta aikaa.

Kun saimme mitattua pianistien maksimaalisen lihasaktivaation määrän valituista lihaksista, pystyimme suhteuttamaan soiton aikana ilmenevän lihasaktivaation soittajakohtaisesti heiltä mitattuihin maksimaalisiin EMG-tuloksiin. Tällöin saimme pianistien väliset mittaustulokset vertailukelpoisiksi. Juuri ennen EMG-mittauksia selvitimme haastattelun, millainen pianistien sen hetkinen vireystila oli, sillä esimerkiksi väsyneenä soittaminen olisi voinut luonnollisesti vaikuttaa mittausten onnistumiseen ja mahdollisesti myös soitosta saataviin EMG-tuloksiin.

Pianolaboratoriolla on neljän HD-kameran ja äänitysyksikön digitaalinen monitorointi- ja taltiointikokonaisuus (liite 4), jolla videoimme ja äänitimme tutkimuksemme pianistien esitykset kappaleen soitosta. Mahdollisimman hyvän äänenlaadun takaamiseksi äänitimme esitykset myös ZOOM H2-äänityslaitteella (ZOOM Corporation, Japani, Tokio). Esitykset tallennettiin myös MIDI-tiedostoina Applen GarageBand-musiikkisovelluksella (6.0.1., Apple Inc, U.S.A., Cupertino), jotta tiedostot voitiin myöhemmin käsitellä ja analysoida Applen Logic Pro (9.1.8., Apple Inc, U.S.A., Cupertino) -sekvensseriohjelmalla. Logic Pro:ssa on mahdollista avata taltioitu MIDI-tiedosto sellaisena nuotinnettuna versiona, jossa nuotit on värjätty sen mukaan, kuinka nopea koskettimen liikkeen nopeus on ollut soittohetkellä kunkin soitetun sävelen kohdalla. Värjit ovat suuntaa-antavia, mutta sekvensseriohjelmalla on mahdollista saada myös tarkat tiedot yksittäisten sävelien kosketusnopeuksista. Äänitimme ja videoimme molemmilta pianisteilta kappaleen esityksen kokonaisuudessaan metronomin kanssa ja ilman metronomia.

Kun esitykset toteutettiin metronomin kanssa, kummankin pianistin esityksen pitäisi olla yhtä pitkä. Tällöin pystyimme vertaamaan heidän EMG-tuloksiaan toisiinsa suhteessa aikaan. Metronomin kanssa soittaminen rajaa kuitenkin pois oleellisia osia kappaleen esittämisestä: pianistin oman ilmaisun ja persoonallisen esitystavan volyyymi kaventuu, ja esityksen personalisointi esitystempon vaihtelua hyödyntäen ei ole mahdollista. Tämän takia mittaukset toteutettiin myös ilman metronomia. Ilman metronomia soitettaessa pianistien esityksen pituus kuitenkin muuttui, joten enää emme voineet suhteuttaa esityksiä aikaan, vaan tällöin suhteutimme ne kappaleen säveliin. Näin pystyimme vertailemaan teoksen tietyissä kohdissa olevia EMG-tuloksia kappaleen sävelten perusteella soittajakohtaisesti.

Tutkimuksessa käytettävissämme ollut soitin oli Yamaha Disklavier PRO/Mark IV -flyygeli (Yamaha Corporation, Japani, Hamamatsu). Soittimen koskettimien oktaavin leveys on 16,5cm. Soittimessa on erillinen solenoidikoneisto, joka mittaa koskettimen liikkeen nopeutta ylös- ja alaspäin. Kustakin koskettimen painalluksesta lähtee oma viestinsä, joka sisältää mm. tiedot koskettimen liikkeen nopeudesta alas (Note On) ja ylös (Note Off). Soittimen kosketusnopeuden määrittäminen tapahtuu asteikolla 0–127, jossa 0 ilmaisee ei mitään -liikettä ja 127 laitteiston tunnistamaa suurinta nopeutta. Numerot ilmaisevat siis sormen liikenopeuden, mutta eivät esimerkiksi siihen liittyvää rentoutta tai lihasvoimaa. On kuitenkin tärkeää muistaa, että vaikka kosketin painettaisiin hyvin nopeasti pohjaan ja näin saataisiin aikaan voimakas ääni, ei äänenväri eli sointi ole välttämättä kaunis.

Saatavista tuloksista ei voi tehdä SI-järjestelmään verrattavia muunnoksia, mutta niistä voidaan päätellä soitettujen sävelten välisiä keskinäisiä voimavaihteluja ja esimerkiksi pianistien eri tulkintojen välisiä voimavaihteluita. Kosketuksen nopeus ei välttämättä kerro vielä itse musiikillisesta jännitteestä kovinkaan paljon, mutta se on vahvasti yhteydessä dynamiikan luomiseen. Tätä kautta myös mahdolliset johtopäätökset musiikillisesta jännitteestä voivat olla mahdollisia.

Kiinnitimme pianistikohtaisesti huomiota EMG-datassa oleviin piikkeihin, koska silloin lihasaktivaation suuruus on korkeimmillaan. Näissä kohdissa kyselimme tutkimuksemme pianistien kokemuksista: oliko soitto tässä kohdassa fyysisesti kuormittavaa, vai oliko soitto ollut aktivaatiopiikistä huolimatta helppoa ja vaivatonta. Näissä kohdissa kiinnitimme huomiota myös musiikillisen jännitteen tasoon ja tiedustelimme miten pianistit kokivat musiikillisen jännitteen teoksessa. Saatujen tulosten perusteella tutkimuksemme pianistit voivat kehittää soittotapaansa työhyvinvointiaan edistävään suuntaan.

Saatujen EMG-tulosten kuvaajista näimme pianistien lihasaktiviteetin määrän valituissa lihaksissa, ja video- ja äänidatasta näimme ja kuulinne, mitä kyseisessä esityksen kohdassa tapahtui. Jos soittajien käsien liikkeissä, soittajien tuottamassa soinnissa tai lihasaktiviteetissa oli selviä eroja, pyrimme havaitsemaan tekijöitä, jotka selittäisivät näitä eroja. Videokuvasta havainnoimme myös pianistien istumaryhtiä ja sen vaihtelua soiton aikana ja arvioimme sen vaikutusta muihin löydöksiin.

## 10 TUTKIMUKSEN ETENEMINEN

Tapasimme ensimmäisen kerran maaliskuussa 2013, jolloin teimme alustavia suunnitelmia opinnäytetyön toteutuksesta. Tämän jälkeen tapasimme vielä useaan otteeseen vuoden 2013 kevään aikana ja teimme yhdessä alustavaa aikataulusuunnitelmaa opinnäytteellemme. Kävimme tutustumassa pianolaboratorioon ja mietimme, mitä voisi olla järkevää tutkia opinnäytteessämme ja kuinka sen toteuttaisimme. Järjestimme vielä samana keväänä tapaamisen ohjaavien opettajiemme kanssa ja kävimme heidän kanssaan läpi alustavia suunnitelmiamme.

Etsimme taustatietoa tutkimusta varten pääasiassa tietokannoista ja kirjastoista. Sovimme keväällä 2013, että etsimme kukin tahoillamme tietoa ja jaamme sitä toisillemme Google Driven kautta. Näin pystyimme seuraamaan, mitä olimme saaneet kasaan ja mitä pitäisi vielä etsiä ja selvittää. Tiedonhaun edetessä tapasimme säännöllisin väliajoin ja kävimme yhdessä läpi asioita, joista olimme saaneet tietoa. Näin pysyimme kaikki ajan tasalla haetusta tiedosta ja pystyimme samalla suunnittelemaan, miten etenemme opinnäytteen tekemisessä. Tätä jatkettiin aina vuoden 2013 alkusyksyyn asti.

Kesällä 2013 tutkimukseen osallistuneet pianistit harjoittelivat valitsemaamme teosta ja täyttivät harjoitteluajaltaan harjoituspäiväkirjaa harjoittelun etenemisestä. Syksyllä ja talvella 2013 aloimme keskustella enemmän käytännön asioista ja tarvittavien mittauksien toteuttamisesta sekä kävimme edelleen läpi yhdessä jo tuotettua materiaalia. Teimme myös valitusta kappaleesta musiikillisen jännitteen kolmen parametrin mallin (liite 2), jolla osoitimme, miten musiikillinen jännite ilmenee kappaleessa.

### 10.1 Pianistien esitietojen selvittäminen

Tutkimukseen osallistuneet pianistit täyttivät kyselylomakkeet 23.1.2014 ja 24.1.2014 soittotaustoistaan, mahdollisista tuki- ja liikuntaelämästövammoista, ja samalla toteutimme heille myös ryhtitarkastukset, selän ja yläraajan nivelten liikkuvuusmittaukset ja puristusvoimamittaukset. Heitä kehoitettiin olemaan keskustelematta kyselylomakkeen

kysymyksistä tai vastauksistaan, jotta vastaukset olisivat mahdollisimman subjektiiviset kummankin pianistin osalta.

Pianisteille laatimamme kyselylomake (liite 1) oli jaettu neljään osioon, joilla pyrimme selvittämään heidän taustojaan ja tämänhetkistä tuki- ja liikuntaelimistön tilaa. Ensimmäisessä osiossa selvitimme heidän soittoharrastuksensa kestoa ja tänä aikana ilmenneitä mahdollisia tuki- ja liikuntaelinvammoja, jotka olivat häirinneet tai jopa estäneet soiton harjoittelun. Tässä pyysimme heitä myös arvioimaan päivittäisen istumisensa määrää. Toisessa osiossa selvitimme pianistien liikuntatottumuksia.

Lomakkeen kolmannessa osiossa toteutimme pianisteille ryhtitarkastukset. Havainnoimme pianistien seisoma- ja istumaryhtiä ja soittoasentoa pianon ääressä. Tällä halusimme saada käsityksen kummankin pianistin normaalista asennosta ja tutkia etukäteen heidän asentoaan havaitaksemme mahdolliset patologisten löydösten, jotka voisivat vaikuttaa tuleviin EMG-mittauksiin.

Neljännessä osiossa mittasimme goniometriä ja mittanauhaa hyödyntäen pianistien kaularangan, yläraajojen ja selkärangan liikkuvuuden mahdollisten normaalista poikkeavien liikelaajuuksien havaitsemiseksi, jotka edelleen voisivat vaikuttaa siihen, kuinka pianistit voivat käyttää kehoaan soiton aikana. Tässä yhteydessä mittasimme myös heidän puristusvoimansa ja sormenpäidensä etäisyydet toisistaan sormien ollessa ääriabduktiossa.

## **10.2 Pianolaboratoriolla toteuttamamme mittaukset**

Toteutimme pilottimittaukset pianisteille pianolaboratoriolla 25.1.2014 ja varsinaiset mittaukset 1.2.2014.

Pilottimittauspäivänä 25.1. saimme suunniteltua järkevästi tilan järjestämisen, jotta EMG-laitteet, äänityslaitteisto ja kamerat saatiin kaikki järjestettyä toimivalla tavalla tilassa. Kaikki laitteet toimivat niin kuin pitikin, ja pilottimittaukset sujuivat ongelmitta. Toteutimme molemmille pianisteille kaksi testimittausta EMG-laitteiston toiminnan varmistamiseksi, ja kumpikin soitti kappaleen kerran läpi ilman metronomia siten, että

myös EMG-data tallennettiin. Näin he saivat totutella siihen, miltä tuntuu soittaa pinta-elektrodien ollessa kiinni ihossa. Kumpikaan ei kokenut pinta-elektrodien häiritsevän soittoa.

Varsinaisena mittauspäivänä 1.2. kumpikin pianisti kertoi nukkuneensa yönsä hyvin, eikä kumpikaan kertonut olevansa väsynyt tai että tilanne olisi erityisen paljoa jännittänyt. Toteutimme useampia mittauksia kummallekin pianistille pilottimittauspäivään verrattuna. Päätimme, että metronomin kanssa soitettaessa esitystempo oli 138 iskua minuutissa kahdeksasosaa kohden, koska molemmat pianistit kokivat sen sopivaksi tempoksi. Kaikista pianistien esityksistä mitattiin samanaikaisesti myös kosketusnopeus.

Toteutimme pianistille A mittaukset ensimmäisenä ja ensiksi määritimme hänen maksimaalisen lihasaktivaationsa määrän. Toteutimme maksimimittaukset kolme kertaa, jotta saimme mahdollisimman tarkasti määritettyä hänen maksimaaliset lihasaktivaatioarvonsa. Hän sai levätä maksimimittausten välissä sen aikaa kuin koki tarpeelliseksi.

Videoimme ja äänitimme esitykset ja tallensimme EMG-datan sekä metronomin kanssa että vapaasti soittaen. Metronomin kanssa nauhoitimme pianistin A esityksestä kolme ottoa, joista kaksi ensimmäistä keskeytyi kappaleen alkupuolella, kolmannen oton saimme äänitettyä onnistuneesti kappaleen loppuun codaan asti. Hyödynsimme kolmatta onnistuneinta metronomiottoa jatkossa metronomiesityksen analysoinnissa. Ilman metronomia hän soitti kappaleen kaksi kertaa läpi. Molemmat soittokerrat sujuivat hyvin. Päätimme kuitenkin hyödyntää ensimmäistä ottoa jatkossa, koska koimme, että se oli esityksenä onnistuneempi.

Toteutimme pianistille B maksimaalisten lihasaktivaation arvojen määrittämiseksi neljä mittausta, ja hänkin sai levätä jokaisen mittauksen jälkeen sen aikaa kuin koki tarpeelliseksi. Hän soitti kappaleen kerran läpi metronomin kanssa, josta saatua tallennetta hyödynsimme hänen metronomiesityksensä analysoinnissa. Ilman metronomia hänkin soitti kappaleen läpi kaksi kertaa, joista päätimme hyödyntää jälkimmäistä mittaustulosten analysointivaiheessa, koska koimme sen olleen esityksistä onnistuneempi.



### 10.3 Pianolaboratoriolla keräämämme materiaalin analysoinnin kuvaus

Analysoimme EMG-tulokset käymällä läpi kummankin pianistin molemmat esitykset. Vertasimme EMG-tuloksissa näkyviä havaintoja kyseisen esityksen äänitteeseen ja paikansimme mielenkiintomme herättävät kohdat myös teoksen partituurista. Arvioimme näissä kohdissa, olivatko EMG-tuloksissa nähtävät piirteet selitettävissä teoksen äänitteestä saatavan kuulokuvan perusteella ja oliko näissä kohdissa partituurissa havaittavissa musiikillista jännitettä.

Pianisti A:n molemmissa analysoitavissa esityksissä kiinnitimme huomiota yhteensä 45 kohtaan analysoidessamme EMG-tuloksia, äänitettä ja partituuria. Pianisti B:n kohdalla huomiomme kiinnittyi yhteensä 39 kohtaan. Verratessamme pianistien esityksiä 24 huomiomme herättänyttä kohtaa osui samoihin teoksen tahteihin. Etsimme kummankin pianistin esityksistä myös heidän lihasaktivaationsa huippukohdat. Määritimme kummankin pianistin molemmista esityksistä myös EMG-tulosten perusteella, kuinka suuri osa lihasaktivaation kokonaismäärästä painottuu kullekin mittauskohteena olleelle lihakselle prosentuaalisesti.

Etsimme EMG-käyrässä ilmenneille pianistien esitysten välisille eroille syitä esitysten videotallenteista. HavaitSIMME niissä erilaisia pianisteille ominaisia liikkeitä, jotka voisivat selittää heidän EMG-tuloksissaan esiintyviä eroavaisuuksia. Havainnoimme esityksistä enemmänkin eroja selittäviä valtalinoja kuin yksittäisiä pieniä eroja, sillä soitotapahtuman aikana eri liikkeet tapahtuvat niin nopeasti, että pienimpiä yksityiskohtia oli varsin vaikeaa huomata.

Kosketusnopeuden analysoimme siten, että avasimme GarageBand-musiikkisovelluksella tallennetut MIDI-tiedostot Logic Pro -sekvensseriohjelmalla. Avasimme ohjelmassa tiedostosta nuottinäkymän, jolloin pystyimme tarkastelemaan yksittäisten äänien saamia kosketusnopeusarvoja. Vertasimme kosketusnopeuksia soittajakohtaisesti EMG-tulosten kanssa sekä metronomiversiota vapaasti soitettuun esitykseen, mutta vertailimme tuloksia myös pianistien välillä.

## 11 TUTKIMUKSEEN OSALLISTUNEIDEN PIANISTIEN ESITIEDOT

### 11.1 Havainnot pianistien harjoittelupäiväkirjoista

Päiväkirjoista nousi esille varsin selkeästi eroja siinä, mitä pianistit olivat kuvanneet harjoitusprosessissaan. A kuvasi varsin seikkaperäisesti, ja useaan kertaan kappaleessa olevien hankalien kohtien kanssa painimista, ja B taas kuvasi enemmän erilaisten musiikillisten piirteiden esiintuomisen vaikeutta. Tämä kuvastanee sitä, että kun kappaleen harjoittelun aloittaa täysin alusta, on ensin keskityttävä siihen, että kappaleen pystyy soittamaan läpi, minkä jälkeen on helpompi keskittyä harjoittelemaan musiikillisia yksityiskohtia. B:lle kappale oli entuudestaan tuttu, joten hän pystyi harjoittelun alusta asti kiinnittämään enemmän huomiota musiikillisten yksityiskohtien harjoitteluun, mitä hän myös tuo päiväkirjassaan esille.

Pianisti A käytti yhteensä kappaleen harjoitteluun noin 46 tuntia ja 20 minuuttia, harjoittelukertoja kertyi yhteensä 52. Kappaleen yhtäjaksoiseen harjoitteluun hän käytti lyhimmillään 10 minuuttia ja pisimmillään noin 1,5 tuntia. Tämän lisäksi hän harjoitteli muutakin ohjelmistoa, jota hänellä oli työn alla. Hän aloitti harjoituspäiväkirjan kirjoittamisen 20.7.2013, ja viimeinen merkintä on kirjattu 31.1.2014.

A:n harjoituspäiväkirjasta kävi selkeästi ilmi, että erityisesti kappaleessa olevat triolikuviot olivat hankalia, ja niitä hänen täytyi harjoitella paljon. Pitkäkestoisten harjoituskertojen aikana hän kertoo huomanneensa, että hänen kätensä väsyivät ja että niiden rentouttaminen soiton aikana oli vaikeaa. Kappale sisältää paljon isoja otteita, joten käsien väsyminen johtunee niistä ja harjoittelun kestosta. A raportoi lyhimmillään 20 minuuttia kestäneen harjoittelun aiheuttaneen väsymystä oikeassa kädessään.

Harjoitteluajan puolivälin aikoihin hän raportoi muutamaan otteeseen vasemman kätensä kipeytymisestä. Käsien kipuilu ei kuitenkaan kestänyt montaa päivää, ja niinä päivinä kun kipua tuntui, A käytti kappaleen harjoitteluun noin 1 tunti ja 30 minuuttia päivää kohden. Hän raportoi myös, että hän turhautui kappaleen harjoitteluun jonkin verran vuoden vaihteen tienoilla, mutta pääsi kuitenkin yli tuntemuksista pidettyään taukoa teoksen harjoittelusta.

Harjoittelujakson loppupuolella pianisti A raportoi myös oikeassa ranteessaan tunteesta särystä. Särkyä tuntui myös oikean käden nimettömässä ja pikkurillin välissä, mikä heijasteli myös kyynärvarteen. Nämäkin kivut kuitenkin hellittivät jo parin päivän kuluessa.

Pianisti B harjoitteli kappaletta yhteensä 10 tuntia ja 55 minuuttia yhteensä 28 harjoituskertana. Harjoittelun kesto vaihteli hänellä 10 minuutista 1 tuntiin. Hänkin harjoitteli tämän lisäksi muuta ohjelmistoa, joten yksittäisten harjoituskertojen pituudet ovat saataneet olla reilusti pidempiä kuin yhden tunnin kestoisia. Hän aloitti harjoituspäiväkirjansa kirjoittamisen 20.7.2013, ja viimeinen merkintä on kirjattu 30.1.2014.

B kirjasi kokeneensa vasemman käden triolikuviot hankaliksi. Vasemmalla kädellä soittavat suuret murtosoinnut (arpeggiot) hän raportoi myös kokevansa hankaliksi, erityisesti nopeassa tempossa soittaessaan. Hänellä ei varsinaisesti ollut suurempia kiputiloja käsissään harjoittelun aikana, mutta harjoittelun alkupuolella hän raportoi tunteneensa oikean käden etusormen keskinivelen paikkeilla hieman pistävää kipua. Hän kuvasi myös, että kappaleessa olevissa isoissa otteissa käsiä on vaikea saada rennoiksi. Hänellä oli myös useaan otteeseen ”niskat jumissa” harjoittelun aikana.

Pianistilla A oli päiväkirjojen perusteella enemmän kiputiloja yläraajoissaan kappaleen harjoittelun aikana. Tämä voi johtua siitä, että hän on käyttänyt kappaleen harjoitteluun huomattavasti enemmän aikaa kuin B. B välttyi henkiseltä turhautumiselta kappaleen kanssa, tai ainakaan hän ei siitä raportoinut, mikä johtunee myös kappaleen tuttuudesta. Kumpikin pianisti raportoi kokeneensa jonkinasteista kipua molemmissa käsissään kappaleen harjoittelun aikana. Molemmat raportoivat myös käsien rentouttamisen vaikeutta kappaleen soiton aikana.

Brahmsin rapsodian harjoittelun aikana pianistien kokemiin kipuihin liittyen on muistettava, että he harjoittelivat tämän kappaleen lisäksi paljon muutakin ohjelmistoa ja elivät arkeaan tavalliseen tapaan. Heidän käsiensä kipeytyminen ei siis välttämättä liity juuri tämän kappaleen harjoitteluun, vaan ne ovat voineet kipeytyä jostain muusta, mikä on tuntunut myös kappaleen harjoittelun aikana.

## 11.2 Pianistien nykytila kyselylomakkeen perusteella

Pianisti A on soittanut pianoa yhteensä 14,5 vuotta, joista hän on ollut 10 vuotta musiikkiopistossa ja 4,5 vuotta musiikkikorkeakoulussa. Hän arvioi soittavansa viikossa yhteensä noin 35 tuntia. Soittouransa aikana hänellä on ollut soitosta aiheutuvia fyysisiä oireita, jotka ovat häirinneet hänen soittoaan. Toisinaan hän tuntee särkyä oikean jalan päkiässä pedaalia käyttäessään, hänen ranteitaan särkee toisinaan ja oikean käden 4. ja 5. sormen välinen alue on tuntunut särkevän. Joskus hän on tuntenut säteilevän kivun heijastelevan kyynärvarteeseen asti. Hänelle ei ole koskaan ilmennyt niin vahvoja fyysisiä oireita soiton aikana, että hänen olisi täytynyt keskeyttää soittaminen niiden takia, eikä hänellä ole koskaan ollut lääkärin toteamaa rasitusvammaa.

Viimeisen kuukauden aikana hänen ranteitaan, oikean jalan päkiää, oikean käden 4. ja 5. sormen välistä aluetta on särkenyt. Sormien välinen särky on heijastellut myös kyynärvarteeseen asti. Hänen niskansa ja hartiansa ovat tuntuneet jännittyneiltä, mistä on aiheutunut myös lievää päänsärkyä. Hän on kokenut ranteidensa säryn häiritsevän soittoaan eniten. Hän arvioi kivun suuruudeksi VAS-kipujanalla 5,5.

Pianisti B on soittanut pianoa yhteensä 14,5 vuotta, joista 12 vuotta musiikkiopistossa ja 2,5 vuotta musiikkikorkeakoulussa. Hän arvioi soittavansa myös viikossa yhteensä noin 35 tuntia. Hänelläkin on ollut soittamisesta aiheutuvia fyysisiä oireita, jotka ovat häirinneet pianonsoittoa.

Hänelle on diagnosoitu aikoinaan golf -kyynärpää vasempaan kyynärvarteeseen, joka on toistunut useaan kertaan viimeisen neljän vuoden aikana. Pisimmillään hänen on täytynyt olla neljä viikkoa harjoittelematta vaivan takia. Ensimmäisen kerran vaiva todettiin liian pitkään kestäneen tauottamattoman oktaavijuoksutusten harjoittelun jälkeen. Muuten samantapaisia oireita hänellä on ilmennyt pitkään kestäneen tauottamattoman fyysisesti raskaiden ja isoja otteita sisältävien teosten harjoittelussa.

Viimeisen kuukauden aikana hän on kokenut niska-hartiaseutunsa olevan jumissa, mutta ei ole kokenut tämän aiheuttavan kipua. Muita fyysisiä soittoa häiritseviä oireita hänellä ei ole tänä aikana ollut.

### 11.2.1 Liikuntatottumukset

Pianistit ovat arvioineet liikkuvansa lähes saman verran viikon aikana. Heidän viikoittainen liikuntansa koostuu lähinnä rauhallisesta kestävyysliikunnasta (esimerkiksi rauhallinen kävely, ei hengästymistä tai hikoilua) ja ripeästä kestävyysliikunnasta (reipasta kävelyä, jonkin verran hikoilua ja hengästymistä). Rauhallista kestävyysliikuntaa kummallekin kertyy seitsemänä päivänä viikossa, A:lle yhteensä kolme tuntia ja B:lle yhteensä kuusi tuntia. Ripeää kestävyysliikuntaa A harrastaa viitenä päivänä viikossa yhteensä kuusi tuntia ja B seitsemänä päivänä viikossa yhteensä viisi tuntia. Pianisti B tekee myös yhtenä päivänä viikossa noin 45 minuuttia kestävästä lihaskuntoharjoittelua (8–12 toistoa sarjaa kohden, useaan lihasryhmään kohdistuvia harjoitteita). Molemmat pianistit arvioivat istuvansa yhteensä noin 8–10 tuntia joka päivä.

Kyselylomakkeessa pyydettiin listaamaan kolme tavallisinta liikuntamuotoa siten, että ensimmäistä harrastaa eniten ja kolmatta vähiten. A on kirjannut listaansa kävelyn ja hölkän tässä järjestyksessä, kolmatta lajia tässä ei ole. Hän kuitenkin on kirjoittanut harrastaneensa nuorempana monipuolisesti erilaisia lajeja joukkuepeleistä tanssiin, lenkkeilyyn ja uintiin. B on listannut seuraavat liikuntamuodot: kävely, lihaskuntoharjoittelu ja venyttely.

### 11.2.2 Ryhdin havainnointi

Yleiskatsauksen perusteella kummankin pianistin ryhti oli hyvä, eikä kummankaan ryhdissä ollut mitään erityisen silmiinpistävää. Havainnot, joita tässä käydään läpi, eivät olleet erityisen voimakkaita.

Seisoma-asennossa kummallakin pianistilla havaittiin, että oikea hartia oli hieman koholla, minkä vuoksi molemmilla oli myös pientä epäsymmetrisyyttä kylkikolmioissaan. Oleellisimmat erot pianistien ryhdeissä olivat, että A:lla oli jonkin verran korostunut lannerangan lordoosi ja B:llä selkärangat kaaret olivat ylipäättään loivat. B:llä oli havaittavissa myös, että hänen rinta- ja kaularankansa olivat jonkin verran kiertyneet oikealle, mutta hän pystyi kuitenkin korjaamaan asentoaan pyydettäessä.

Istuma-asennossa ei kummallakaan tullut muutosta hartioiden asentoon. A:lla oli havaittavissa, että hän varaa hieman enemmän painoa oikealle istuinkyhmylleen, minkä vuoksi hänen vasen suoliluun harjunsä oli hieman korkeammalla oikeaan verrattuna. Seisoma-asentoon verrattuna hänen lantiokorinsa kallistui hieman taaksepäin, eli lannerangan lordoosin korostuneisuus vähenee. B:llä istuessa lannerangan lordoosi tasoittui entistään ja rintarangan kyfoosi korostui, hänelläkin selkärangan asento siis fleksoitui verrattuna seisoma-asentoon. Molemmat pystyivät kuitenkin korjaamaan asentoaan pyydettyessä. Pyydettyessä pianistia B istuutumaan ja ottamaan tavallisen istuma-asentonsa, hän piti istuessaan vasenta jalkansa koukussa taaempaan oikeaan jalkaan verrattuna noin tuolin jalkojen tasalla.

Pianon ääressä kummankin istuma-asento nojautui eteenpäin, B:llä kuitenkin rintarangan kyfoosi oikeni hieman, kun hän nosti kätensä koskettimille, eli hän kallisti tässä asentoaan eteenpäin lonkistaan ja oikaisi samalla hieman selkänsä asentoa. Pianon ääressä A:lla oli havaittavissa lannerangan lordoosin pieni oikeneminen ja rintarangan kyfoosin korostuminen. Vaikuttaisi siltä, ettei kummallakaan ole selvää rakenteellista poikkeamaa, joka aiheuttaisi muutoksia ryhtiin, vaan kyse on enemmänkin asentotottumuksista. Kumpikin pianisti pystyi pyydettyessä korjaamaan asentoaan ”ideaalisempaan” suuntaan. Kummallakaan ei ollut selkäkipua havainnoinnin ajankohtana.

### **11.2.3 Nivelten liikkuvuus, käsien puristusvoima ja sormien ulottuvuus**

Kummallakaan pianistilla ei ollut liikerajoituksia kaularangan, selkärangan, olkanivelten, kyynärnivelten tai ranteiden nivelten liikkuvuudessa.

Pianistin A oikean käden puristusvoima oli keskiarvoltaan 32 kg ja vasemman 35 kg. Pianistilla B oli molemmissa käsissään jonkin verran matalammat puristusvoimat, oikeassa kädessään 27 kg ja vasemmassa 23 kg. Tulokset ovat kolmen mittauksen keskiarvoja.

Sormien ulottuvuuksissa pianistien välillä oli myös jossain määrin eroja. Pianistilla A:lla on jossain määrin pidemmät sormet kuin pianistilla B, mutta B:llä käsien rakenteet antavat enemmän myöten, minkä ansiosta hän pystyy abduktoimaan osaa sormistaan

leveämmälle A:han verrattuna. Osa B:n tuloksista on jopa 2 cm suurempia A:n tuloksiin verrattuna. Pianistin A vasemman käden pikkusormi on noin 4 mm oikean käden pikkusormea pidempi. Ohessa taulukko (taulukko 1), josta käy ilmi pianistien sormien väliset ulottuvuudet mitattuna sormenpään keskiosasta seuraavan sormenpään keskiosaan. Myös pikkusormen ja peukalon välinen etäisyys on esitetty taulukossa 1.

	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>Sormien 1 ja 2 välinen etäisyys</b>	Oikea: 16,5 cm Vasen: 16,7 cm	Oikea: 16,5 cm Vasen: 17,0 cm
<b>Sormien 2 ja 3 välinen etäisyys</b>	Oikea: 9,9 cm Vasen: 10,0 cm	Oikea: 12,0 cm Vasen: 11,8 cm
<b>Sormien 3 ja 4 välinen etäisyys</b>	Oikea: 7,5 cm Vasen: 8,0 cm	Oikea: 8,6 cm Vasen: 8,5 cm
<b>Sormien 4 ja 5 välinen etäisyys</b>	Oikea: 8,7 cm Vasen: 9,6 cm	Oikea: 10,0 cm Vasen: 9,0 cm
<b>Sormien 1 ja 5 välinen etäisyys</b>	Oikea: 20,0 cm Vasen: 20,4 cm	Oikea: 20,0 cm Vasen: 19,6 cm

TAULUKKO 1. Pianistien sormien päiden maksimaaliset etäisyydet toisistaan

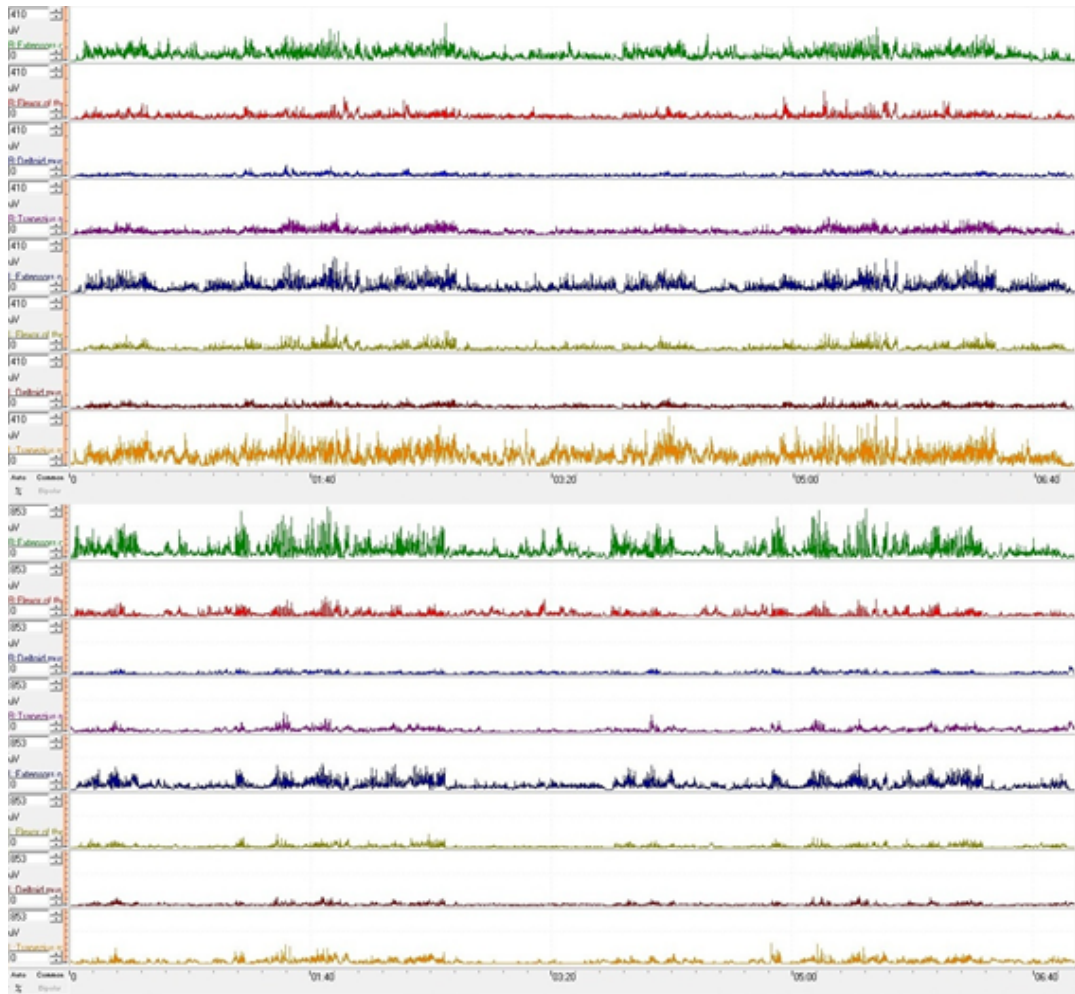
## 12 TUTKIMUSTULOKSET

### 12.1 Pianistien EMG-tulosten yhtäläisyydet

Havaitsimme kummankin tutkimuksemme pianistin EMG-tuloksista, että heidän esityksistään saadut EMG-käyrät olivat varsin yhtenevät. Samankaltaisuus EMG-käyrän muodossa oli huomattavissa varsinaisena mittauspäivänä toteutettujen metronomin kanssa ja ilman metronomia toteutettujen mittausten välillä. Myös toteuttamiemme pilottimittausten EMG-tulokset vaikuttivat olevan soittajakohtaisesti samantapaisia.

Pianistien välillä oli eroja EMG-käyrien muodossa toisiinsa verrattuna, mutta myös soittajakohtaisesti eri esitysten välillä, vaikka valtalinjat käyrien muodossa olivatkin hyvin samansuuntaiset (kuva 23). Pianistien EMG-tulosten kuvaajat on pystyakselin suhteen skaalattu erisuuruiseksi, jotta niistä näkyisin parhaiten kuvaajien välisiä yhtäläisyyksiä ja toisaalta myös eroja. Tämä ei vääristä saatuja mittaustuloksia, koska käyrät kuvaavat tilannetta soittajakohtaisesti eikä niitä ole suhteutettu soittajien omiin maksimaalisiin lihasaktivaation arvoihin. Pianistien lihasaktiivisuuden määrää ei siis voida verrata toisiinsa kuvan 23 perusteella. Soittajasta riippumatta EMG-tuloksista voidaan erottaa selvästi teoksen voimakkaammat ja rauhallisemmat jaksot, eli teoksen rakenne voidaan erottaa molempien pianistien EMG-tuloksista.





KUVA 23. Pianistien A (ylemmät 8 riviä) ja B (alemmat 8 riviä) tasasuunnatut EMG-käyrät teoksen läpisoitosta metronomin kanssa. Metronomin kanssa soitettu esitys on A:lla skaalattu pystyakselilla 410uV ja B:llä 853uV suuruiseksi

Nuottikuvan ja lihasaktivaation tarkemmassa vertailussa havaitsimme, että suuria lihasaktivaation arvoja osui kappaleessa soittajasta riippumatta trioli-oktaaviyhdistelmälle, murtosoinnuille ja muille suurille soinnuille, kappaleen kulminaatiokohtiin, oktaaveille ja pitkille aseman vaihdoille. Kohdissa, joissa pianistit soittivat sointuja peräkkäin, pystyimme laskemaan soinnut EMG-tuloksissa näkyvistä piikeistä. Tyypillisesti pienempiä lihasaktivaation arvoja osui sellaisiin kohtiin, joissa soitettiin yksiaaniäistä melodiaa ja pieniä intervaleja.

Pianistien äänitteitä ja EMG-tuloksia vertaillessamme havaitsimme molempien pianistien kohdalla, että riippumatta siitä soitettiinkö kappale metronomin kanssa vai ei, tyypillisesti suuruusluokaltaan suuremmat havaittavissa olevat lihasaktivaation arvot osuivat

sellaisiin kohtiin, joissa ohjattiin pianistia soittamaan voimakkaasti. Nämä kohdat erotuvat molemmilta parhaiten ranteiden ojentajista (r. ekstensorit ja l. ekstensorit).

Ilman metronomia soitetuissa esityksissä tempon vaihtelun merkitys musiikillisen jännitteen tuottamisessa korostui: verrattuna metronomiesityksiin molemmat soittivat ilman metronomia voimakkaat kohdat tyypillisesti nopeammalla, ja rauhallisemmat kohdat rauhallisemmalla tempolla. Tämä vaikutti kappaleen kuulokuvasta välittyvään tunnelmaan. Havaitsimme kuitenkin molempien pianistien EMG-tuloksista, ettei esitystempon muuttuminen juuri vaikuttanut siihen, miltä EMG-käyrän muoto näytti (kuvat 19 ja 20), vaan se tuntui vaikuttavan enemmänkin kuulokuvan perusteella koettuun kappaleen tunnelmaan.

Joissain tapauksissa EMG-tulokset ja äänite erosivat nuotteihin merkityistä dynamiikkamerkinnoista (esimerkiksi kappaleen kulminaatiolle ei välttämättä kuulokuvan perusteella osunut kappaleen voimakkain kohta, vaikka nuottikuvan perusteella näin piti olla), mutta edelleen EMG-tulokset ja äänite olivat samansuuntaiset. Riippumatta siitä, toteutuiko jokin säveltäjän kirjoittama dynamiikan yksityiskohta esityksessä, EMG-tulosten ja äänitteen välillä oli yhteys: kun äänitteessä soiton voimakkuus laski tai nousi, oli tämä nähtävissä EMG-tuloksissa vastaavansuuntaisesti. Yhteys oli havaittavissa molemmilla pianisteilla samansuuntaisesti, vaikkakin soittajakohtaisesti kappaleessa oli eroja siinä, paljonko dynamiikassa oli kuultavissa kasvua tai laskua.

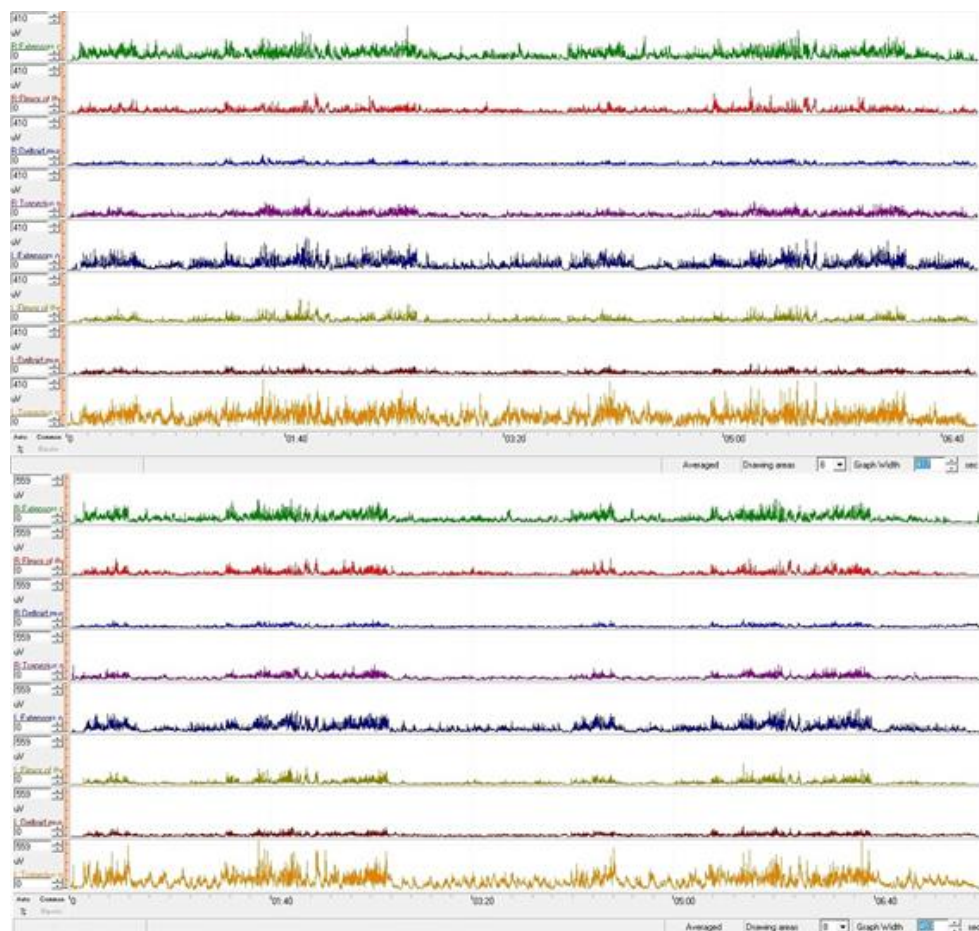
Tutkimuksemme pianisteille yhteistä toteuttamissamme mittauksissa oli myös se, ettei kummallekaan aiheutunut soitosta kipua tai muita fyysisiä oireita, jotka olisivat voineet viitata mahdolliseen rasitusvammaan tai kehoa ylimalkaisesti kuormittavaan soittotapaan.

## **12.2 Pianistien väliset eroavaisuudet EMG-tulosten ja äänitteiden perusteella**

Pianisti A:n EMG-tuloksissa oli havaittavissa selkeämpi ero metronomiesityksen ja vapaan esityksen välillä EMG-käyrän muodossa. Hän totesi mittausten jälkeen käymäsämme keskustelussa, ettei erityisesti keskittynyt metronomiesityksessä musiikin tekemiseen, vaan pikemminkin siihen, että pysyi metronomin määräämässä tempossa. Ero

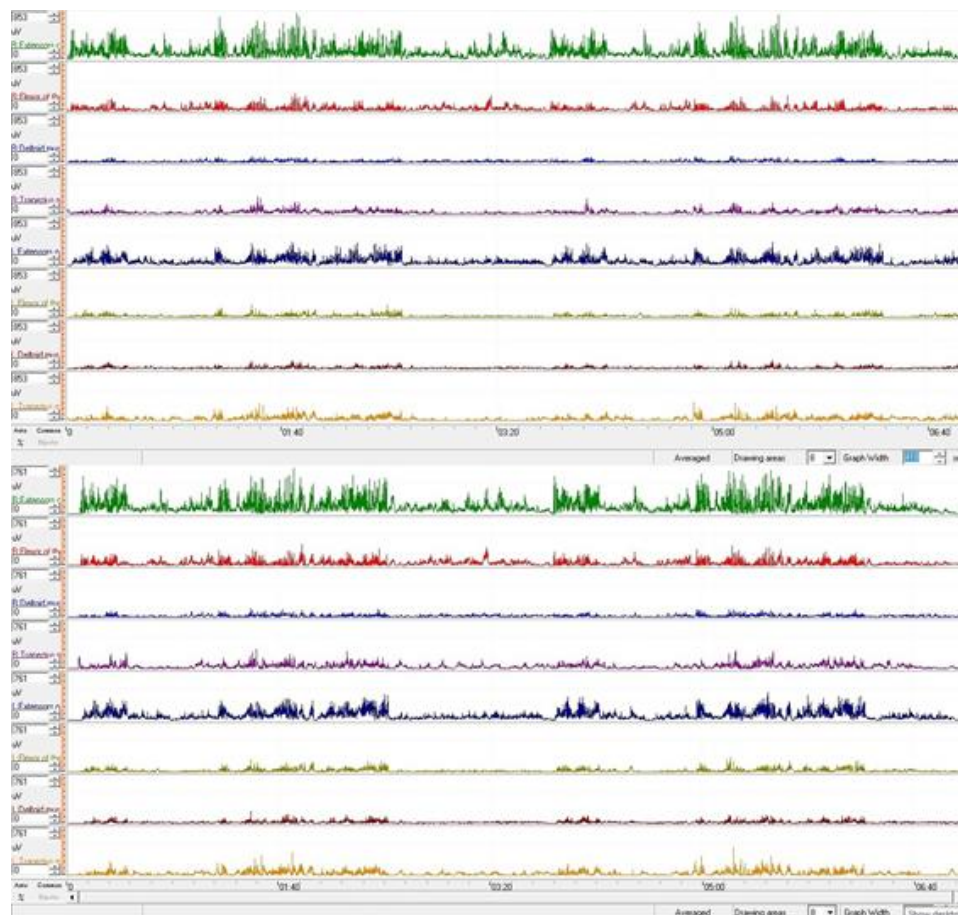
hänen esitystensä välisessä dynamiikassa oli kuultavissa niiden äänitteistä. Vaikka pianisti A ei kertomansa mukaan erityisesti keskittynyt tuottamaan musiikkia metronomiesityksessään, hänen EMG-tuloksistaan voitiin silti havaita samat valtalinjat kuin mitä vapaassakin esityksessään oli (kuva 24).

Hänen tuloksistaan oli havaittavissa myös, että hänen trapeziuksensa vasemmanpuoleisen osan aktiivisuudessa oli selvä ero vapaan esityksen ja metronomiesityksen välillä. Metronomiesityksessä pianisti A käytti vasemman puolista trapeziuslihaksen osaansa huomattavan paljon enemmän rauhallisemmissa jaksoissa, kuin vapaassa esityksessä. Tulosten perusteella näytti siltä, että ilman metronomia soittamassaan esityksessä pianisti A oli kappaleen rauhallisten jaksoiden aikana käyttänyt trapeziuksensa vasemman puolista osaa vähemmän, ja voimakkaissa jaksoissa taas enemmän. Metronomin kanssa soittamassaan esityksessä rauhallisten ja voimakkaiden kappaleen kohtien välillä ei ollut havaittavissa niin suurta eroa trapeziuksen vasemmanpuoleisen osan aktiviteetissa.



KUVA 24. Pianistin A metronomiesityksen (yläpuolella) ja ilman metronomia soitetun esityksen EMG-tulokset. Pysty akseli metronomiesityksessä 410uV ja vapaassa esityksessä 559uV

Pianistin B:n metronomin kanssa soitetun ja vapaan esityksen EMG-käyrät olivat hyvin samansuuntaiset keskenään. Hän kommentoi esitystensä jälkeen, että pyrki tekemään musiikkia huolimatta siitä, soittiko metronomin kanssa vai ilman. Hänen esitystensä välinen dynamiikka ei poikennut toisistaan yhtä paljon (kuva 25) kuin pianisti A:n.



KUVA 25. Pianistin B metronomiesityksen (yläpuolella) ja ilman metronomia soitetun esityksen EMG-tulokset. Metronomiesityksessä pysty akseli skaalattu 853uV:n ja vapaassa esityksessä 761uV:n

Pianistien välillä maksimaaliset lihasaktivaation arvot eivät osuneet samoihin kohtiin kappaleen soiton aikana soitettaessa metronomin kanssa tai ilman. Tosin, suurin osa pianistien suuremmista ja pienemmistä lihasaktivaation arvoista osui samoille kohdin kappaletta, mikä oli nähtävissä myös kuvassa 23.

Taulukkoon 2 on merkitty pianistien metronomiesityksen ja vapaan esityksen aikana mitatut suurimmat lihasaktivaation arvot. Suhteutimme esitysten tulokset heidän määritettyihin maksimaalisiin lihasaktivaatioarvoihinsa. Pyöristimme tulokset prosentin tark-

kuudelle. Merkitsimme kunkin tuloksen jälkeen, missä tahdissa saatu mittaustulos on ollut.

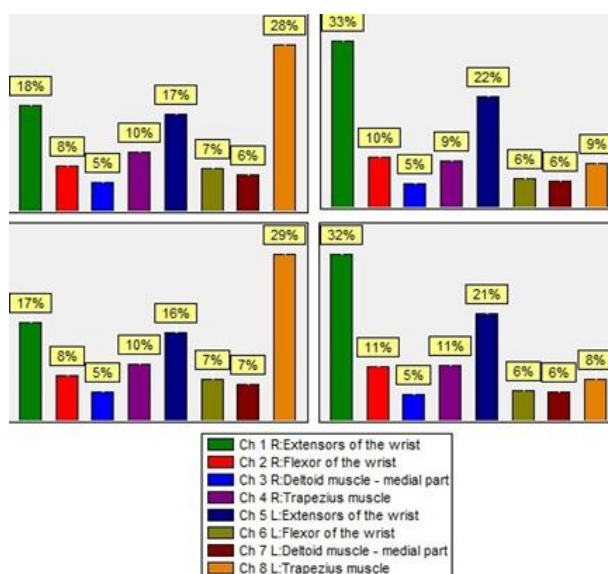
<b>PIANISTI A</b>			
<b>Mittauspiste</b>	<b>Määritetty suurin lihasaktivaation arvo</b>	<b>Metronomi soiton aikana havaittu suurin arvo</b>	<b>Vapaan esityksen aikana havaittu suurin arvo</b>
r. ekstensorit	224uV	284 uV = <b>127%, t. 86</b>	275uV = <b>123%, t.59</b>
l. ekstensorit	184 uV	268 uV = <b>146%, t. 60</b>	269uV = <b>146%, t. 213</b>
r. fleksorit	325 uV	214 uV = <b>66%, t. 176</b>	196uV = <b>60%, t. 11</b>
l. fleksorit	420 uV	172 uV = <b>41%, t. 58</b>	204uV = <b>49%, t.188-189</b>
r. deltoideus	260 uV	89 uV = <b>34%, t. 48-49</b>	77uV = <b>30%, t. 59</b>
l. deltoideus	284 uV	52 uV = <b>18%, t. 176</b>	109uV = <b>38%, t. 59</b>
r. trapezius	706 uV	161 uV = <b>23%, t. 60</b>	179uV = <b>25%, t. 84-85</b>
l. trapezius	597 uV	392 uV = <b>66%, t. 48-49</b>	628uV = <b>105%, 214</b>
<b>PIANISTI B</b>			
<b>Mittauspiste</b>	<b>Määritetty suurin lihasaktivaation arvo</b>	<b>Metronomisoiton aikana suurimmat arvot</b>	<b>Vapaan esityksen aikana havaittu suurin arvo</b>
r. ekstensorit	616uV	813Uv = <b>132%, t.61</b>	725uV = <b>118%, t. 61</b>
l. ekstensorit	337 uV	418 uV = <b>124%, t.59</b>	445uV = <b>132%, t. 191</b>
r. fleksorit	325uV	274uV = <b>84%, t.112</b>	332uV = <b>102%, t. 63</b>
l. fleksorit	257 uV	217 uV = <b>84%, t.85</b>	201uV = <b>78%, t.180</b>
r. deltoideus	307 uV	118 uV = <b>38%, t.177</b>	122uV = <b>40%, t. 47-48</b>
l. deltoideus	412 uV	148 uV = <b>36%, t. 188</b>	144uV = <b>35%, t. 48-49</b>
r. trapezius	998 uV	302 uV = <b>30%, t. 50-51</b>	306uV = <b>31%, t. 51</b>
l. trapezius	1055 uV	315 uV = <b>30%, t.66-67</b>	299uV = <b>28%, t. 180</b>

TAULUKKO 2. Soittajakohtaiset lihasaktivaation huippuarvot ja tahdit, joissa ne esiintyivät. t -merkinnät tarkoittavat tahtia, jossa tulos on havaittu

Merkittävimmät erot maksimaalisessa lihasaktivaatiossa pianistien välillä olivat vasemman ranteen fleksoreissa metronomiesityksessä, oikean ranteen fleksoreissa vapaassa esityksessä, vasemmassa deltoideuksessa metronomiesityksessä ja trapeziuksen vasemman puoleisessa osassa molemmissa esityksissä. Pianistin A tuloksissa suurimmat muutokset hänen omien esitystensä välillä maksimaalisessa lihasaktivaatiossa tapahtuivat vasemmassa deltoideuksessa ja trapeziuksen vasemman puoleisessa osassa, pianistilla B oikean ranteen ekstensoreissa ja vasemman ranteen fleksoreissa. Pianistien mak-

simaalisista lihasaktivaation arvoista ei ollut havaittavissa, että tulokset selvästi kasvativat vapaassa esityksessä verrattuna metronomiesitykseen tai päinvastoin, vaihtelua on nähtävissä molempiin suuntiin.

Määritimme tulosten analysoinnissa käyttämällämme MegaWin-ohjelmalla kummankin soittajan esityksistä kuinka suuri osuus heidän kokonaislihasaktiiviteetistaan mitattiin kustakin mittauskohteeksi valitusta lihaksesta tai lihasryhmästä rapsodian soittamisen aikana. Tulokset ovat nähtävissä kuvassa 26.



KUVA 26. Vasemman puoleiset kaksi kuvaajaa ovat pianistin A tuloksia, oikealla olevat B:n. Yläpuolella olevat tulokset ovat metronomiesityksistä ja alemmat vapaista esityksistä

Pylväsdiagrammeista voidaan nähdä, että pianistilla A suurin osa lihasaktivaation kokonaismäärästä painottui ranteiden ekstensoreille ja trapeziuksen vasemman puoleiselle osalle, B:llä taas ranteiden ekstensoreille.

### 12.3 Logic Pro:lla tehdyt havainnot kosketusnopeudesta

Kun havainnoimme koehenkilöiden tuloksia, kosketusnopeuden ja dynamiikan välillä oli nähtävissä selvä korrelaatio. Pääsääntöisesti oli niin, että mitä voimakkaampi oli soitettu dynamiikka, sitä nopeampi oli myös kosketusnopeus ja sitä suurempia lukuja ohjelma antoi.

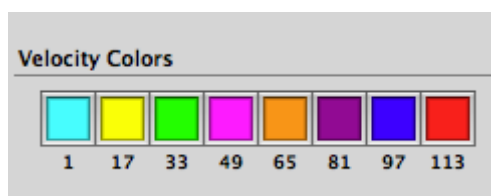


Pianistien välillä ei tässä suhteessa ollut eroa, sillä nopeuslukemat olivat suhteellisen samankaltaisia kummallakin soittajalla: *forte*-kohdissa (kuvat 28 ja 29) havaittiin isoja lukuja ja *piano*-jaksoissa (kuvat 30 ja 31) pienempiä lukuja. Usein myös EMG-käyrässä nähtävissä olleet suuremmat piikit osuivat samoihin kohtiin, missä kosketusnopeus oli suuri. Suurimmat arvot osuivat selvästi aina musiikin kulminaatiokohtiin. Alla olevassa taulukossa (taulukko 3) on nähtävissä pianistien A ja B suurimmat koskettimien nopeuksille annetut arvot metronomiesityksessä ja vapaassa esityksessä sekä tahdit, joissa ne ovat esiintyneet.

	PIANISTI A		PIANISTI B	
	<i>Arvo</i>	<i>Tahti</i>	<i>Arvo</i>	<i>Tahti</i>
<b>Metronomiesitys</b>	106	60	104	191
<b>Vapaaesitys</b>	111	214	107	86

TAULUKKO 3. Pianistien suurimmat koskettimen nopeuden arvot, ja tahdit, joissa suurimmat nopeudet olivat

Ohjelmalla voitiin tarkastella soitettua dataa myös nuottikuvana, jossa jokainen soitettu nuotti oli merkitty värillä. Värät olivat suuntaa-antavia sen mukaan, kuinka nopeasti kosketin oli kyseisen nuotin kohdalla painettu pohjaan (kuva 27). Esimerkiksi, jos nuotti oli vihreä, se oli soitettu siten, että kosketusnopeuden arvo osui välille 33–48. Käyttämämme värät ja niiden arvot sekä erimerkkejä ohjelman antamista nuottikuvista ovat alla.



KUVA 27. Kosketusnopeudesta kertovat värät sekä niiden suuntaa-antavat arvot

The image displays three staves of musical notation for the song 'The Rose Tree'. Each staff is a grand staff (treble and bass clef) in 4/4 time. The first staff begins at measure 194, the second at measure 195, and the third at measure 196. The notation includes various musical symbols such as notes, rests, and accidentals, with some notes highlighted in color (purple, blue, green, orange, yellow). The melody is primarily in the treble clef, while the bass clef provides a harmonic accompaniment. The key signature is one flat (B-flat), and the time signature is 4/4. The notation is presented in a clear, legible format suitable for educational purposes.

KUVA 28. Pianisti A:n kulminaatiokohdasta n. tahdit 84–88

The musical score for 'The Rose Tree' is presented in three systems, each with a treble and bass staff. The key signature is one sharp (F#) and the time signature is 4/4. The melody is written in the treble staff, and the bass staff provides a harmonic accompaniment. The score includes measures 73, 74, 76, and 78. Measure 73 features a triplet of eighth notes in the treble staff. Measure 74 shows a sequence of chords and single notes. Measure 76 includes another triplet of eighth notes in the treble staff. Measure 78 concludes the system with a final chord and a triplet of eighth notes in the bass staff. The notes are color-coded: purple for F#, blue for G, green for A, yellow for B, orange for C, and red for D. The accidentals are also color-coded: sharp for F# and flat for Gb.

KUVA 29 Pianisti B:n kulminaatiokohdasta n. tahdit 83–89





KUVA 30. Esimerkki ohjelman antamasta nuottikuvasta. Pianisti A:n d-molli-jaksosta n. tahdit 28–33

This musical score is for Pianisti B, covering measures 30 to 35. It is written in 4/4 time and D minor. The score is presented in three systems. The first system (measures 30-31) shows the right hand with eighth-note patterns and the left hand with a steady eighth-note accompaniment. The second system (measures 32-33) features triplets in both hands, with the right hand playing a descending scale and the left hand providing a rhythmic foundation. The third system (measures 34-35) continues the triplet patterns. Notes are color-coded: pink for D, green for E, yellow for F, and blue for G.

KUVA 31. Pianisti B:n d-molli jaksosta n. tahdit 30–35

Myöskään soittajien metronomiversion ja vapaan esityksen välillä ei ollut suuria eroja kosketusnopeuden kannalta. Tosin kummallakin pianistilla oli vapaassa esityksessä hieman enemmän huomattavissa nuottien ”sävyttämistä”, väri saattoi vaihtua jopa jokaisella peräkkäisellä nuotilla. Lisäksi erityisesti forte-paikkojen arvot olivat yleisesti ottaen vielä suuremmalla kosketusnopeudella soitettuja kuin metronomiesityksessä. Kummallakin soittajalla tämä oli huomattavissa, vaikkakin pianistilla A se oli nähtävissä vielä paljon selkeämmin. Sen sijaan hiljaisissa paikoissa metronomiesityksen ja vapaan esityksen välillä ei ollut huomattavia eroja kummallakaan pianistilla. Kosketusnopeuksien arvot olivat pääsääntöisesti kummallakin pianistilla ohjelman arvoasteikon keskivaiheilla, kaikista suurimpia arvoja (punainen väri) ei löytynyt lainkaan, ja pienintä arvoakin (vaaleansininen) esiintyi vain melko harvoin.

#### **12.4 Pianolaboratoriolla saatujen tulosten vertailu musiikillisen jännitteen parametrien kanssa**

EMG-tulosten vertailu harmonian kanssa osoitti, että dissonoivat ja dominanttitehoiset soinnut olivat useimmiten kaikkein jännitteisimpiä. Tällainen tulos vastaa hypoteesiämme. Toonikalla pysyttely vastaavasti loi rauhallisempaa tunnelmaa, mikä kuuluu etenkin äänitteissä varsin hyvin. Tämänkaltainen tulos ei kuitenkaan sinällään ollut yllättävä, koska tonaalisessa musiikissa dominantti purkautuu aina toonikalle, jolloin dominantti sisältää jännitteisemmän tehon. Sointuanalyysin tehtyämme huomasimme, että kappale sisältää paljon dominantti-toonika-liikkeitä sekä sävellajivaihdoksia. Etenkin koko pääteema sisältää suurimmaksi osin V-I -liikettä, ja sävellaji vaihtuu siinä useamman kerran. Tällaiset kohdat olivat tutkimuksemme pianistien soittaminakin rauhattomia ja kuohuvia.

Tutkimushypoteesimme siitä, että dynaamisesti hiljaisten kohtien soittaminen vaatisi keskimäärin pienempää lihasaktivaatiota kuin voimakkaampien, osoittautui todeksi. Tosin mittasimme tässä tutkimuksessa ainoastaan pinnallisten lihasten aktiviteettia, joten emme saaneet tietoa käden hienomotoristen liikkeiden tuottamisesta huolehtivien käden lihasten toiminnasta ja niiden vaikutuksesta lihasaktiviteetin määrään. Dynamiikka oli kuitenkin näistä kolmesta parametrasta se, joka korreloi EMG-käyrän muodon kanssa vahvimmin: mitä suurempi dynamiikka, sitä suuremmat EMG-arvot.

Melodiset ääriiviivat vaikuttivat musiikilliseen jännitteeseen siten, että mitä korkeammaksi melodia kulki, sitä suurempi oli jännite. Tutkimuksessamme bassolinja ei ollut aivan yhtä selkeä, sillä musiikillinen jännite saattoi kasvaa joko basson noustessa tai laskeessa. Oleellisin seikka bassolinjan vaikutuksesta musiikilliseen jännitteeseen oli kuitenkin se, että mitä enemmän basso pysytteli paikoillaan, sitä vähemmän ilmeni musiikillista jännitettä.

Tutkimuksessamme dynamiikka korreloi vahvasti sekä harmonian että melodisten ääriviivojen kanssa. Dominanttitehoisilla soinnuilla soitettu dynamiikka oli usein voimakas ja tämä näkyi myös pianistien EMG-käyrissä. Kasvavaa dynamiikka seurasi tyypillisesti nouseva melodialinja sekä joko nouseva bassolinja tai laskeva bassolinja. Teoksen kulminaatiokohdissa, joissa nyanssi oli fortissimo, oli nähtävissä nouseva melodialinja sekä laskeva bassolinja, ja siksi ambitus oli hyvin suuri. Rauhallisemmissa jaksoissa, kuten piano-nyanssissa olevassa H-duurijaksossa, melodiset ääriiviivat pysyttelivät suhteellisen tasaisina ja melko lähellä toisiaan. Näissä kohdissa EMG-tulokset olivat suhteellisen pieniä.

## **12.5 Havainnot pianistien esitysten videoinneista**

Havaitsimme pianistien eri esitysten videoinneista eroavaisuuksia tavassa, jolla he tekivät musiikkia, mutta tästä huolimatta heidän soittotavoissaan oli myös yhtäläisyyksiä. Emme julkaise esitysten videotointeja pianistien anonymiteetin takaamiseksi.

Kun tarkastelimme pianistien istuma-asentoja soiton aikana oikealta ja vasemmalta kuvattua videomateriaalista, ne näyttivät olevan varsin samantapaiset. Molempien lonkkakulma oli selvästi suurempi kuin 90 astetta, molemmat istuivat tukevasti istuinkyhmyillään soittaessaan ja yläraajan osalta kyynärnivelet olivat suuremmassa kuin 90 asteen kulmassa, toki välillä myös pienemmässä. Havaitsimme molemmilla selän asennon vaihtelua, välillä he fleksoivat selkärankaansa, välillä taas ekstensoivat ja hyödynsivät myös selkärankansa lateraalifleksioita oikealle ja vasemmalle. Heidän selkärankansa asentojen muutoksista huolimatta molemmilla oli varsin fleksiovoittainen asento selkärangassaan soittaessaan. Tilanne näytti samalta myös kaularangan osalta. Kappaleen

kevyemmissä osissa molempien asento oikein selkä- ja kaularangan osalta jonkin verran.

Heidän asentonsa vaihteli huomattavan paljon soiton aikana riippuen siitä, mitä kappalessa tapahtui. Tavallaan he välittivät kehonkielellään kappaleessa vallitsevia tunnelmia, mikä näkyi erityisesti siirryttäessä alun mollivoittoisesta voimakkaasta jaksosta kevyempään duurijaksoon. Suurimpana erona pianistien alaraajojen käytön osalta oli pianistin B tapa liikutella vasenta alaraajaansa eteen ja taaksepäin soittaessaan. Pianistilla A vasen alaraaja oli suurimmaksi osaksi tukevasti lattialla.

Heidän tavassaan hyödyntää painonsiirtoja näytti olevan erona, että pianisti A vei painonsiirtojen aikana painonsa herkemmin reilusti toiselle istuinkyhmyistään ja kompensoi asentoaan selkärunkansa lateraalifleksioilla painonsiirrosta vastakkaiseen suuntaan saadakseen itsensä takaisin samaan tasoon koskettimiston kanssa. Pianisti B ei hyödyntänyt yhtä herkästi yhtä voimakkaita painonsiirtoja. Hän kallisti koko vartalonsa siihen suuntaan johon painonsiirron teki, eikä kompensoinut yhtä herkästi selkärunkansa asentoa lateraalifleksioilla. Tästä syntyi sellainen vaikutelma, ettei hän käytä yhtä voimakkaita painonsiirtoja A:n verrattuna: hänen ei tarvinnut kompensoida asentoaan selkärangan lateraalifleksioilla niin usein kuin pianistin A. Ylipäätään A liikehti enemmän soittaessaan. Tyypillisesti A ja B tekivät painonsiirrot samaan suuntaan, mutta joissain tilanteissa myös täysin eri suuntiin.

Takaa kuvatusta videomateriaalista syntyi sellainen vaikutelma, että pianisti A jännitti hieman hartioitaan, mikä näkyy erityisesti myös EMG-tuloksissa trapeziuksen vasemman puoleisen osan aktiviteetissa. Trapeziuksen vasemman puoleisen osan seudulla oli videolla huomattavissa pientä elevaatio-suuntaista liikettä, ja paikka paikoin jatkuvaa pientä hartian elevointia, mikä olisi linjassa hänen EMG-tuloksissaan nähtyihin havaintoihin. Takaa kuvatun videon perusteella näyttäisi siltä, että hän sai pidettyä trapeziuksensa oikean puoleisen osan paremmin rentona. Toki pianistin B hartiatasossa oli nähtävissä muutoksia asennossa, mutta hänen kohdallaan ei kuitenkaan synny sellaista vaikutelmaa, mikä pianistin A kohdalla syntyi: pianistin B:n kohdalla hartiatasossa näkyvät liikkeet vaikuttivat enemmän siltä, että ne olivat seurausta hänen muista yläraajojensa liikkeistä. A:n kohdalla näytti enemmän siltä, että hän hyödynsi aktiivista vasemman

lapaluunsa elevointia soittaessaan. Pianistilla A hartiatasossa näkyvät liikkeet olivat ikään kuin terävämpiä ja pianistilla B pyöreämpiä ja sulavampia.

Vaikka pianistien välillä ei kuvan 26 perusteella ollut kovinkaan suurta eroa deltoideusten käytössä, he käyttivät niitä huomattavan eri tavalla takaa kuvatun videomateriaalin perusteella. Pianisti A tapasi soittaa esimerkiksi sointuja ikään kuin painamalla käsiään terävästi suoraa alaspäin, pianisti B hyödynsi olkavarsiensa loitonnulla (kyynärpäidensä ”joustoja” sivuille) soittaessaan. Erityisesti kappaleen voimakkaammissa kohdissa näytti siltä, että pianisti B hyödynsi enemmän olkavarsiensa loitonnulla. Teimme vastaavia havaintoja koko kappaleen ajalta takaa kuvatusta videomateriaalista. Pianisti A näytti kuitenkin saavan hartiansa paremmin rentoutettua kappaleen rauhallisemmissa kohdissa.

Metronomiesitysten videotien perusteella näytti siltä, että pianisti A piti ranteitaan korkeammalla koskettimistoon nähden verrattuna pianistiin B:hen, ainakin kappaleen voimakkaammissa kohdissa. Tämä ranteiden koholla pitäminen näyttäytyi pianistilla A ajoittaisena, melko vahvanakin ranteiden palmaarifleksoimisena. Tämä oli havaittavissa esimerkiksi kappaleen alussa olevien oktaavihyppyjen aikana, mutta myös kappaleessa olevien skaalojen aikana. Skaalojen aikana emme kuitenkaan huomanneet niin selkeää eroa pianistien välillä. Pianisti B näytti ikään kuin soittavan lähempää koskettimia, mistä syntyi vaikutelma, että hänen ranteensa ovat lähempänä niiden neutraaliasentoa kuin A:lla. Toki myös pianistilla B ranteet olivat aika ajoin palmaarifleksoituina, mutta eivät kuitenkaan niin selvästi tai niin paljon kuin pianisti A:lla.

Tästä vaikutelmasta huolimatta molemmilla pianisteilla oli kummassakin yläraajassa ekstensoreiden aktiivisuus suurempaa verrattuna vastaaviin fleksoriryhmiin, A:lla tämä ero oli pienempi. Pianistin B kohdalla ei syntynyt vaikutelmaa siitä, että hän kannattelisi käsivarsiaan tai ranteitaan soittaessaan.

## 13 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 13.1 EMG-tuloksista, videoinneista sekä Logic Pro:sta saadut johtopäätökset

Tutkimushypoteesimme siitä, että pianistien tarvitsema lihasaktiiviteetin määrä olisi riippuvainen heidän yksilöllisistä ominaisuuksistaan, soittotekniikan tasosta ja soittajan tulkinnallisista liikkeistä ja tavoista, vaikuttaisi pitävän paikkansa. Oletettavasti syy siihen, että heidän EMG-käyränsä olivat erilaisia, on se, että he käyttävät vartaloaan ja yläraajojaan eri tavoin. He ovat kumpikin yksilöllisiä soittajia, eripituisia, heillä on erilainen ruumiinrakenne ja mittasuhteet. Kumpikin siis hyödynsi kehoaan parhaaksi kokemallaan tavalla päästäkseen siihen lopputulokseen, joka heillä kappaleesta on mielessään.

Pianistien painonsiirtojen laajuuden välinen ero voi selittyä sillä, miten pianisti B käytti vasenta alaraajaansa. Hänellä oli alaraajansa käytöstä aiheutuen vähemmän selkeitä tukipisteitä, jolloin hänen saattoi olla vaikeampaa ylläpitää tasapainoaan verrattuna pianistiin A, ja tämä saattoi vaikuttaa hänen tapaansa hyödyntää painonsiirtoja soittaessaan. A piti vasemman jalkansa suurimmilta osin tukevasti lattiassa, minkä vuoksi hän saattoi hyödyntää reilumpia painonsiirtoja.

Pianistien eriävä tapa käyttää hartialihastaan soiton aikana saattoi osaltaan selittää pianistien välisiä EMG-tulosten eroja soiton aikana. Se saattaisi olla yhteydessä siihen, kuinka he käyttivät koko yläraajaansa soittaessaan. Koska pianisti A ei hyödynnä olkavartensa loitonusta niin paljon kuin pianisti B, hänen yläraajansa liikkeet kyynärnivelistä alaspäin ovat enemmän ylös- ja alaspäin suuntautuvia, eli esimerkiksi toistuvia sointuja soittaessaan hän joutuu fleksoimaan kyynärniveliään tai kohottamaan koko yläraajaansa hyödyntäen hartiodensa elevaatiota. Tämä voisi selittää hänen hartiodensa jännittämisen ja sen, miksi hän piti kätensä ja ranteensa soitossaan hieman koskettimien yläpuolella. Näin hän pystyi hyödyntämään tätä alas ja ylöspäin suuntautuvaa liikettä saadakseen soittimesta suurempia forteja tarvittaessa. Tämä voisi selittää myös sen, miksi hänen ranteensa olivat välillä huomattavan paljon dorsifleksoituina.

Koska pianisti B hyödynsi olkavartensa loitonnuksia, hän sai pidettyä hartiansa rennompina, eikä hänen tarvinnut nostaa käsiään niin paljon koskettimilta, jolloin hän sai pidettyä ranteensa ja kätensä lähempänä koskettimistoa. Selitystä havaituille eroille on vaikeaa päätellä ainoastaan videoiden perusteella. Todennäköisesti taustalla on molempien oppimat tavat, jotka ovat ajan kuluessa muotoutuneet osaksi heidän soittotekniikkaansa. Eri kappaletta soitettaessa tilanne saattaisi olla hyvinkin erilainen.

Pianistien esitietolomakkeista ilmiäyneitä ajoittaisia fyysisiä oireita voi olla vaikeaa yhdistää heidän soitossaan näkyvistä piirteistä johtuviksi oireiksi, mutta on toki mahdollista, että tehdyillä havainnoilla on yhteys. Esimerkiksi pianisti A on raportoinut, että hänellä on ajoittain kipua ranteissaan, ja että kokee joskus säteilevän kivun kulkevan kyynärvartensa mediaalireunaa kyynärpäätä kohti. Tavallaan hänen ranteisiinsa ja oikeaan kyynärvarteensa ilmaantuneet tuntemukset voisivat olla yhteydessä hänen soittotapaansa. Hän käyttää vahvoja vartalon painonsiirtoja soittonsa aikana, mutta ei juuri loitonnu olkavarsiaan soittaessaan vaan enemmänkin joustaa ranteistaan, mikä saattaa rasittaa hänen ranteitaan. Tämä voi aiheuttaa hänellä ajoittain ilmeneviä kipuja ranteissaan, mutta ei välttämättä ole kipujen syy. Soittamisessa tarvittavat liikkeet voivat provosoida kipua hänelle, vaikka kipu ei välttämättä olisikaan soitosta aiheutuvaa.

Pianistien kyselylomakkeissaan raportoineet ajoittaiset niska-hartiaseudun jännittyneisyyden tunteet voisivat selittyä videoista nähtävän heidän tyypillisen soittoasentonsa piirteen perusteella. Molemmilla pää näytti työntyvän jossain määrin eteen soiton aikana, mikä saattoi johtua siitä, että he seurasivat katseellaan sormiensa ja käsiensä liikkeitä. Välillä heidän soittoasentonsa oli myös varsin fleksiopainotteinen selkärangan osalta, jolloin heidän niskan seudun lihasensa on tehtävä töitä pään kannattelemiseksi varsin paljonkin. Tämä voi pitkällä tähtäimellä altistaa niska- ja hartia-seudun jännittymiselle ja provosoida kipua sekä mahdollisia muita oireita. Pianistilla A soittoasento oikenee huomattavasti hänen siirtyessään kappaleen duurijaksoon, jolloin hän soitti jonkin matkaa kappaletta nuoteista. Tällöin hän ei juuri katsonut sormiaan, ja hänen soittoasentonsa näytti selän ja kaularangan asennon kannalta huomattavasti ergonomisemmalta.

Se, että pianistien väliset teosten esityksistä saadut EMG-tulokset olivat samansuuntaisia, saattoi johtua siitä, että he molemmat pyrkivät soittamaan samassa kohdassa kappaletta voimakkaasti ja vastaavasti hiljaisesti nuottimerkintöjen mukaan. Molempien pia-

nistien lihasaktivaation suurimmat arvot osuivat kappaleessa nimenomaan voimakkaisiin kohtiin. Pianistien tulkinta kappaleesta oli kuitenkin hyvin samantapainen. Erot pianistien maksimaalisissa lihasaktivaatioarvoissa selittynevät kuitenkin sillä, että molemmilla on persoonallinen tapa käyttää yläraajojaan ja vartalooaan soittaessaan. Emme myöskään havainneet, että pianistien käsien koon pienillä eroilla olisi ollut vaikutusta saatuihin mittaustuloksiin.

### **13.2 Johtopäätökset liittyen musiikilliseen jännitteeseen**

Lihaskäiväktion määrä näyttäisi korreloivan suoraan verrannollisesti rapsodian dynamiikkaan. Kun vertasimme kappaleen nuottikuvaa, pianistien EMG-tuloksia ja kuunteimme kappaleen äänitettä, vaikutelma kappaleen dynamiikan ja lihasaktivaation yhteydestä vaikutti varsin selvältä: kappaleen dynamiikan kasvaessa myös lihasaktivaatio kasvaa, ja dynamiikan laskiessa myös lihasaktivaatio on matalampaa. Erityisen hyvin tämä näyttäisi olevan havaittavissa sormien ja ranteiden ekstensor- ja fleksorryhmissä. Havaitimme kuitenkin viitteitä tästä yhteydestä myös muissa mittauspisteissä kappaleen dynaamisen vaihtelun vaikutuksesta lihasaktivaation tasoon.

Harmonia korreloi vahvasti dynamiikan kanssa, sillä ne kohdat kappaleessa, jotka sisälsivät paljon dominantti-toonika-liikkeitä, olivat usein myös suurissa nyansseissa. On kuitenkin vaikeaa määrittää, onko harmonialla suhdetta suuriin lihasaktivaatiomääriin. Todennäköisesti suuri dynamiikka on seurausta dominanttivoittoisesta tai kromaattisesta harmoniakulusta, ja tämä taas vaikuttaa suoraan verrannollisesti EMG-tulosten suuruuteen.

Koska dynamiikka kasvaa aina melodialinjan noustessa, on vaikea sanoa, korreloiko lihasaktivaatio melodialinjan nousun kanssa vai vaikuttaako lihasaktivaation määrään ainoastaan dynamiikan kasvu. Musiikillinen jännite onkin kokonaisuus eri parametreja ja niiden yhteisvaikutuksia, joten tässäkin tapauksessa todennäköisesti molempien parametrien yhteisvaikutus saa aikaan jännitteen kasvamisen.

Perehtyessämme musiikillisen jännitteen aikaisempiin tutkimuksiin kävi ilmi, että yhteyttä melodisen ääriiviivan nousun ja jännitteen kasvun välillä oli todettu jo aikaisemmis-



sa tutkimuksissa. Farboodin tutkimuksen (2008) mukaan sävelkorkeuden vaikutus musiikillisen jännitteen kasvuun koettiin selkeimpänä muihin parametreihin verrattuna. Tutkimuksessamme oli myös havaittavissa melodisen ääriviivan nousun ja jännitteen kasvun välillä selkeä yhteys.

Tempon muuttaminen ei näyttänyt vaikuttavan oleellisesti lihasaktivaatioon, tosin esitystempo ei välttämättä muuttunut riittävän paljon, jotta sen vaikutus olisi erottunut paremmin. Tempo näyttäisi kuitenkin vaikuttavan soiton aikana koettuun musiikilliseen jännitteeseen ainakin jollakin tapaa, ja tämä kävi ilmi vertailtaessa pianistien metronomin kanssa ja ilman soitettuja esityksiä. Tutkimuksemme pianistit kokivat, että tempon muuntelu vaikutti musiikillisen jännitteen tuottamiseen ja kokemiseen, vaikkei se vaikuttanutkaan merkittävästi lihasaktivaation määrään.

Pianisti A:n ja B:n kokema ero tempon vaikutuksesta musiikin tuottamiseen metronomiesityksen ja vapaan esityksen välillä saattoi johtua myös siitä, että kappale oli vielä melko tuore pianistille A. Sen sijaan, että hän olisi keskittynyt metronomiversiossa musiikin tekemiseen, hän joutui keskittymään metronomin tahdissa pysymiseen. Esitysten kuulokuvien perusteella syntyi kuitenkin sellainen vaikutelma, että tempon vaihtelu vaikuttaisi koettuun musiikilliseen jännitteeseen.

Pianistien kosketusnopeutta mittaavissa tuloksissa esiintyi vain hyvin vähän ääriarvoja: hitainta kosketusnopeutta esiintyi vain hieman ja kaikkein nopeinta arvoa ei lainkaan. Se, miksi kaikkein nopeinta arvoa ei esiintynyt, saattoi johtua esimerkiksi siitä, että pianistien soittamassa teoksessa voimakkaassa dynamiikassa olevat äänet olivat lähes aina isoja sointuja, jolloin niitä soitettaessa paino jakautuu samanaikaisesti monelle eri koskettimelle. Tämä hidastaa kosketusnopeutta. Ennen varsinaisia mittauksia yritimme määrittää, miten soittimesta saisi nopeimman kosketusnopeusarvon, ja tämän saadaksemme ääni piti soittaa yksittäisenä äänenä nopealla kosketuksella, sointuna soitettuna tämä ei onnistunut.

Koska hyvin nopealla arvolla soitettu ääni kuulostaa sointikvaliteetiltaan varsin raa'alta, tutkimuksemme pianistit tuskin edes halusivat käyttää niin nopeaa kosketusnopeutta teosta soittaessaan. Siksi on syytä muistaa, että Logic Pro:sta tehtyjen havaintojen perusteella ei voi tehdä havaintoja esitysten musikaalisuudesta. Hitaimmat kosketusno-

peuden arvot esiintyivät pianisteilla lähes aina sellaisissa kohdissa, joissa ohjelman antaman nuottikuvan mukaan oli soitettaessa tullut mukaan vahingossa ”hipaistuja” sointuun kuulumattomia lisäsäveliä esimerkiksi iso-otteisissa soinnuissa. Näitä lisäsäveliä ei kuitenkaan usein voinut erottaa korvalla äänitteestä, sillä ne oli soitettu niin hiljaa. Tästä voidaan myös päätellä, että mikäli pianisti soittaisi äänet ohjelman antamalla hitaimmalla arvolla, voisi olla, ettei soitettu ääni kuuluisi tarpeeksi. Tämä ei tietenkään ole esityksen kannalta kannattavaa.

## 14 POHDINTA

Kokonaisuutena opinnäytteen tekemisestä on jäänyt positiivinen kuva. Saimme toteutettua opinnäytetyömme suunnitelmamme mukaisesti, joten ainakin näiltä osin suunnitelmamme oli toimiva ja realistinen. Saimme myös toteutettua kaikki tarvittavat mittaukset laatimamme aikataulun puitteissa. Saimme myös tiedonhaun päätökseen sille varatussa ajassa.

Tekemämme työ tuntuu edelleen tarkoituksenmukaiselta, emmekä koe että olisimme tehneet opinnäytteen kannalta epäolennaisia asioita. Valitsemamme tutkimusmenetelmät tuntuvat edelleen tämäntyyppisen tutkimuksen kannalta hyviltä ja toimivilta. Uskomme, että samanlaisilla laitteistoilla vastaavat mittaukset olisi mahdollista toteuttaa luotettavasti uudelleen. Olemme kuvanneet raportissamme seikkaperäisesti, kuinka olemme eri työvaiheissa edenneet ja toimineet, mikä edelleen lisää tutkimuksemme toistettavuutta.

Tutkimuksemme luotettavuus on saattanut kärsiä niiltä osin, joissa oma ammattitaitomme tuli vastaan. Koska toteutimme tämänlaisen tutkimuksen ensimmäistä kertaa, saattoi meiltä jäädä huomaamatta asioita, jotka olisivat olleet oleellisen tärkeitä huomioida. Pyrimme kuitenkin tekemään täsmällistä ja tarkkaa työtä, emmekä jättäneet asioita tarkastamatta, tai tehneet työtä tietämättä mitä teemme.

Jälkikäteen ajateltuna jotkin tekemämme asiat olisi voinut tehdä toisin, tai voisimme miettiä ovatko kaikki asiat olleet varmasti tärkeitä ja tarkoituksenmukaisia. Esimerkiksi pianistien yläraajojen ja selkärangan liikkuvuusmittauksien toteuttamisen tärkeyttä voidaan kyseenalaistaa, koska ennen niiden toteuttamista meillä oli tiedossa, ettei kummallakaan tutkimukseen osallistuvalla pianistilla pitäisi olla liikerajoituksia tai ettei kummallakaan ollut tällä hetkellä akuuttia rasisusvammaa tai muita fyysisiä oireita. Näiden mittauksien toteuttamatta jättämisellä olisimme ehkä säästäneet jonkin verran aikaa, mutta se ei kuitenkaan olisi vaikuttanut opinnäytteemme muiden osioiden aikatauluun.

Tekemiämme pianistien esitietoihin liittyviä mittauksia voidaan kuitenkin perustella sillä, että edellä mainitut asiat saatiin varmistettua ja molempien pianistien senhetkisestä

tilasta saatiin jonkinlainen peruskäsitys. Osaa näiden mittausten aikana tehdyistä havainnoista voitiin hyödyntää myös tutkimuksen edetessä, ja tiettyihin asioihin osattiin kiinnittää paremmin huomiota. Myös, jos pianisteilla olisi soiton aikana ilmennyt fyysisiä soittoa häiritseviä oireita, olisi heidän esitietojaan voitu hyödyntää ja pohtia, olisiko näiden oireiden taustalla voinut olla jokin heidän esitiedoistaan ilmi käyvä asia.

Parametreja, jotka saavat aikaan musiikillista jännitettä, ja niiden käyttäytymistä, on tutkittu jonkin verran aikaisemminkin (Krumhansl 1997, 2002; Lehrdahl 2001; Farbood 2008). Jo olemassa olevat tutkimukset antavat ymmärtää, että ylipäätään koko musiikillisen jännitteen kattavan mallin tekeminen on varsin kaukaa haettua, sillä musiikillinen jännite on hyvin monimutkainen musiikillinen ilmiö (Farbood 2008). Tarkempi perehtyminen musiikillisen jännitteen käsitteeseen osoittautuikin varsin hankalaksi, sillä aiheeseen liittyviä tutkimuksia on toteutettu vielä varsin vähän. Musiikillinen jännite osoittautui käsitteenä varsin epäselväksi ja vaikuttaa siltä, ettei ole yksimielisyyttä siitä, mitä se on.

Opinnäytteemme suunnitelmien valtalijat sujuivat hyvin, mutta olisimme voineet suunnitella eri työvaiheiden toteutusta paremmin. Esimerkiksi EMG-tulosten analysoinnin olisimme voineet suunnitella selkeämmin. Tästä johtuen pianistien tulosten arvioinnissa ja havaintojen tekotavassa oli paikka paikoin eroja, koska emme olleet laatineet tarkempaa toimintasuunnitelmaa mittaustulosten analysoinnin varalle. Tämä ei kuitenkaan vaikuttanut oleellisten havaintojen löytämiseen, vaan lisäsi ajallisesti työmääräämme.

Tartuimme saamiimme mittaustuloksiin ilman suurempia suunnitelmia, ja ikään kuin annoimme toimintamallin tulosten analysoinnissa muotoutua työn edetessä: tutkimme ennemminkin EMG-datasta huomattavissa olevia mielenkiintoisia piirteitä ja vertasimme niitä partituuriin. Olimme ajatelleet etsivämme nuottitekstin perusteella musiikillisesti jännitteisiksi arvioituja kohtia EMG-tuloksista. Tosin, havaitsimme joka tapauksessa musiikillisen jännitteen kannalta tärkeitä kohtia esitysten EMG-tulosten analyysin aikana, sillä tyypillisesti näissä kohdissa EMG-datassa oli huomiota kiinnostavia piirteitä. Ylipäätään analysointi tuntui järkevämältä toteuttaa EMG-tulosten kuin nuotin kautta, koska EMG-tuloksista näimme huomionarvoiset kohdat selkeästi.

Tulosten analysoinnissa Garageband-tiedostojen analysoinnin aloittamisessa oli vaikeuksia, mikä johtui siitä, että tätä analyysiä voitiin tehdä vain tietyillä TAMK:n tietokoneilla. Analysointi suunniteltiin tehtäväksi viikonloppuisin, mutta valitettavasti meillä ei ollut mahdollisuutta päästä viikonloppuisin käyttämään tarvittavia tietokoneita, vaikka tätä yritettiin järjestää. Tästä johtuen viimeiset tulosten analysoinnit jäivät viime hetkeen.

Jälkeenpäin ajateltuna olisimme voineet valita tutkimukseemme lyhyemmän teoksen. Teos on todella pitkä, joten analysoitavaa materiaalia kerääntyi valtavat määrät ja analysointiin kului myös huomattavan paljon aikaa. Jos kappale olisi ollut lyhyempi, olisimme todennäköisesti voineet päästä samoihin tuloksiin kuin nyt, mutta pienemmällä työmäärällä.

Opinnäytetyömme toteutukseen liittyi myös muita käytännön asioita, jotka vaikeuttivat työmme etenemistä. Koska olemme eri alojen opiskelijoita, toimimme eri toimipisteissä TAMK:ssa ja olemme opinnoissamme eri vaiheissa, yhteisen ajan löytäminen vaati kompromisseja suuntaan ja toiseen. Pystyimme kuitenkin pitämään yhteyttä puhelimitse ja sosiaalisen median välityksellä, mutta toki kasvokkain tavattaessa meidän oli mahdollista saada enemmän aikaan lyhyemmässä ajassa verrattuna muihin kommunikointimenetelmiin.

## 14.1 Mahdolliset jatkotutkimukset

Opinnäytteemme ei juuri tuottanut uutta tietoa, vaan enemmänkin vahvisti käsityksiämme pianonsoitosta ja musiikillisesta jännitteestä. Musiikillisen jännitteen ja lihasaktivaation välistä yhteyttä on tutkittu jo ennenkin (Andison 2011), mutta tutkimuksissa ei ole tutkittu täsmälleen samoja asioita, kuin mitä meidän tutkimuksessamme. Saamamme tutkimustulokset ovat kuitenkin linjassa lukemiemme kirjallisuudessa esitettyjen näkemysten kanssa (Samama 2001; Porander 2008; Farbood 2008), joten tutkimusnäyttö musiikillisen jännitteen ja lihasaktivaation välisestä yhteydestä sai lisää pohjaa.

Koimme, että musiikillisen jännitteen eri parametrien ja lihasaktivaation välistä yhteyttä voisi tutkia tarkemmin, jos tutkimusasetelma olisi vielä rajatumpi. Kokonaisen sävel-

lyksen sijasta voisi olla hedelmällistä tutkia esimerkiksi lyhyitä katkelmia nuoteista, joissa selvästi on havaittavissa jokin tietty musiikillisen jännitteen parametri, oli kyse sitten nousevasta tai laskevasta dynamiikasta, tempon vaihtelusta tai melodialinjojen käyttäytymisestä suhteessa lihasaktiiviteettiin. Näin voitaisiin mahdollisesti saada tarkempaa tietoa musiikillisen jännitteen olemuksesta. Valitsemassamme kappaleessa näitä eri asioita tarkasteltiin kyllä, mutta ne olivat ikään kuin päällekkäin. Jos näitä musiikillisen jännitteen eri parametreja saataisiin irrotettua toisistaan ja tutkittua yksittäisinä eri tutkimuskohteina, tarkemman tiedon saaminen olisi ehkä mahdollista.

Dynamiikka näytti tutkimuksessamme korreloivan varsin vahvasti EMG-tuloksien kanssa, sillä voimakasta dynamiikkaa vastasi aina varsin korkeat EMG-arvot. Rapsodiassa kuitenkin niissä kohdissa, joissa on voimakas dynamiikka, on useimmiten myös isot, vähintään kolmen sävelen, jopa neljän tai viiden sävelen, soinnut. Sitä, miten iso sointu vaikuttaa varsinkin pienikätisten pianistien lihasaktivaation määrään, voisi olla mielenkiintoista tutkia enemmän. Jäimme pohtimaan, miten suuri vaikutus pelkästään isolla otteella on lihasaktivaation määrään, vai johtuiko kaikki ainoastaan dynamiikan aiheuttamista liikkeistä.

Ylipäätään voisi olla hyödyllistä tutkia sitä, mitä lihasaktivaatiopiikkien jälkeen tapahtuu. Keskityimme tutkimuksessamme lähinnä suurempien aktivaatiopiikkien tutkimiseen, mutta emme huomioineet rentoutuksen määrää aktivaatiopiikkien välillä. Myös musiikillisen jännitteen tutkiminen siitä näkökulmasta, mitä nuottien välissä tapahtuu, voisi olla hedelmällistä. Tämän asian tutkimiseen elektromyografia ei kuitenkaan ole todennäköisesti oikea mittausväline, sillä se kuvaa ainoastaan lihasaktivaatiota. Tällaisessa tutkimuksessa musiikillinen jännite pitäisi myös pystyä määrittelemään tarkemmin.

Erilaisten soittotyylien ja tapojen tarkempi tutkiminen EMG-mittausten, äänitteiden ja videoinnin avulla voisi auttaa löytämään pianistien kannalta kehoa säästävimmän tavan soittaa. Tutkimuksessamme olleilla kahdella pianistilla oli selkeitä eroja siinä, miten he tuottavat musiikkia, ja nämä erot olivat selvästi myös nähtävissä keräämässämme materiaalissa. Tutkimuksemme pohjalta ei voida yksiselitteisesti sanoa, kumpi näistä soittotavoista olisi todella kehoa säästävämpi otoksemme pienuuden vuoksi, ja myös siksi, ettei kummallekaan pianistille tässä aiheutunut soittoa häiritseviä oireita. Huomiotta ei

kuitenkaan voida jättää sitä, että pianisti B soitti tavalla, joka oli paikoin lähempänä kirjallisuudessa esitettyä optimaalista soittotapaa (Samama 2001; Porander 2008). Mit-taustulokset olivat myös linjassa kirjallisuudessa esitettyjen näkemysten kanssa ajatellen sitä, mikä voisi olla todella kehoa säästävin soittoasento tai tapa.

Mikäli pianistien tai muiden soittajien työterveyttä ja työssä jaksamista haluttaisiin tar-kemmin tutkia, olisi syytä toteuttaa huomattavasti laajamittaisempia tutkimuksia, joissa olisi mahdollista tavoittaa suurempi määrä pianisteja tai muiden instrumenttien soittajia. Tämä vaatisi kuitenkin huomattavan paljon aikaa ja myös muita menetelmiä. Tutkimuk-semme pienen otoksen vuoksi saamistamme tuloksista ei voi tehdä yleistettävissä olevia päätelmiä, oli kysymys sitten muusikoiden työterveydestä tai musiikillisen jännitteen ja lihasaktivaation välisestä yhteydestä. Laajempi tutkimus voisi olla hyödyllistä toteuttaa, koska mahdollisesti näiden kahden asian väliltä voisi olla löydettävissä tuloksia, joita hyödyntäen muusikoiden työhyvinvointia voitaisiin todella parantaa.

## **14.2 Oman oppimisemme arviointi**

Kokemuksena tämän opinnäytetyön tekeminen oli meille kaikille opettavainen, sillä emme ole aikaisemmin tehneet näin laajamittaista tutkimusta, jonka toteuttamiseen olisi tarvinnut käyttää näinkin pitkä aika. Aiheena opinnäytetyömme on edelleen mielenkiin-toinen ja ajatuksia herättävä. Yhteistyömme sujui hyvin, saimme sovittua opinnäytteen kulusta, toteutuksesta ja raportin kirjoittamisessa sovussa, eikä meillä ole ollut yhteis-työmme aikana niin suuria näkemyksellisiä eroja, että ne olisivat saattaneet hankaloittaa opinnäytteen etenemistä.

Olemme saaneet paljon kokemuksia erilaisista tutkimuksen tekemisen kannalta tärkeistä asioista. Tietokantojen selaaminen on tullut tutuksi, samoin lähdekirjallisuuden hara-vointi ja oleellisten asioiden etsiminen lähdekirjallisuudesta. Olemme myös oppineet käyttämään monia tämäntyyppisessä tutkimuksessa tarvittavia mittauslaitteita kuten EMG-laitteistoa ja pianolaboratoriolla käytettäviä videointi- ja äänityslaitteita. Olemme myös harjaantuneet EMG-tulosten ja Garageband-tiedostojen analysoinnissa käytettävi-en ohjelmistojen käytössä. Olemme saaneet kokemusta musiikin teoreettisen analyysin

toteuttamisesta, liikeanalyysistä ja erilaisten tutkimusvälineiden kautta saadun materiaalin vertailusta sekä päätelmien tekemisestä niiden pohjalta.

Moniammatillisen opinnäytteen ehkä suurimpana rikkautena on juuri tämä erilaisiin tutkimustapoihin ja menetelmiin tutustuminen. Jatkossa, jos tulemme tekemään vastaavantapaisia tutkimuksia, meillä on käsityksiä siitä, miten erilaiset tutkimusmenetelmät soveltuvat erilaisten asioiden selvittämiseen ja miten näitä saatuja tuloksia voidaan jatkoon kannalta tarkoituksenmukaisesti hyödyntää. Emme tietenkään voi sanoa, että olimme täysin harjaantuneita tämän tutkimuksen jälkeen molempien koulutusohjelmien eri analysointi- ja tutkimusmenetelmien käytössä, mutta meille on kuitenkin muodostunut käsityksiä siitä, millaisia menetelmiä ja toimintatapoja on olemassa.

Suosittellemme monialaisten opinnäytetöiden tekemistä myös muille opiskelijoille. Toki tällaista yhteistyötä tehtäessä on varmistettava, että aikaa on riittävästi käytettävissä ja että tapaamisia on tarvittaessa mahdollista järjestää varsin useinkin, mutta nämä asiat ovat selvitettävissä suunnittelulla ja riittävällä kommunikoinnilla. Moniammatillisen opinnäytetyön toteutumisen kannalta on myös tärkeää, että kaikki sen tekijät ovat valmiita sitoutumaan työn tekemiseen loppuun asti ja että kaikilla siihen osallistuvilla on alastaan riippumatta kiinnostusta tehdä juuri se opinnäytetyö, jota ollaan tekemässä. Koemme, että omassa yhteistyössämme nämä asiat toteutuivat.

Opinnäytteestämme voi olla hyötyä erityisesti nuorille ja miksei vanhemmillekin pianisteille ja pianonsoitonopiskelijoille, joille soittaminen saattaa aiheuttaa sellaisia fyysisiä vaivoja, jotka häiritsevät soittamista. Erilaisten tuki- ja liikuntaelinvammojen ehkäisemiseksi on tärkeää, että erilaiset vammat aiheuttavat riskitekijät tunnistetaan mahdollisimman nopeasti. Tutkimuksen tuloksia voidaan mahdollisesti hyödyntää rasitusvammojen ja myös muiden pianonsoitosta aiheutuvien fyysisten vaivojen ehkäisyssä. Pianistien kannalta tutkimuksemme tulokset ovat mielenkiintoisia myös musiikillisen jännitteen näkökulmasta.



## 15 LÄHTEET

- Ahonen, K. 2001. Tonaaliset odotukset musiikin oppimisessa. Joensuun yliopisto, Savonlinnan opettajankoulutuslaitos. Tulostettu 16.11.2013. <http://sokl.uef.fi/verkkojulkaisut/kipinat/PDFt/KariA2.pdf>
- Andersson, G., Chaffin, D. & Martin, B. 2006. Occupational Biomechanics. 4<sup>th</sup> Edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Andison, Caroline. 2011. EMG-based assessment of active muscle stiffness and co-contraction in muscles with primary and secondary actions at the wrist during piano playing. Department of Mechanical and Aerospace Engineering. Carleton University. Institute for Biomedical Engineering. Master degree.
- Bergland, C. 2012. The Neuroscience of Music, Mindset, and Motivation. The Athlete's Way. Psychology Today. Julkaistu 29.12.2012. Luettu 2.12.2013. <http://www.psychologytoday.com/blog/the-athletes-way/201212/the-neuroscience-music-mindset-and-motivatio>
- Bjålie J., Haug, E., Sand, O., Sjaastad, O., Haug, . 2011. Ihminen - Fysiologia ja anatomia. 1. painos. Helsinki: WSOYpro Oy.
- Bojner-Horwitz, E. & Bojner, G. 2007. Mielihyvää musiikista. Suom. Salonen, S. Helsinki: WSOY. Alkuperäinen teos 2005.
- Bärlund, D. 2010. Ergonomiaa pianonsoiton opettajille. Musiikin koulutusohjelma. Musiikkipedagogin suuntautumisvaihtoehto. Metropolia. Opinnäytetyö.
- Enoka, M. R. 2008. Neuromechanics of Human Movement. 4<sup>th</sup> edition. Human Kinetics.
- Erkkilä, J. 1996. Musiikki ja tunteet musiikkiterapiassa: Musiikin emotionaalisen vaikutusten kolmidimensiomalli. Havusalmi. Hankasalmen kirjapaino.
- Farbood, M. 2008. A Global Model of Musical Tension. New York University. Tulostettu 24.8.2013. <http://www.nyu.edu/projects/farbood/pdf/Farbood-ICMPC2008.pdf>
- Frankel, V. & Nordin, M. 2001. Basic Biomechanics of the musculoskeletal system. 3<sup>rd</sup> Edition. Lippincott Williams & Wilkins.
- Hallbeck, M. & Wristen, B. 2009. The 7/8 piano Keyboard: An Attractive Alternative for Small-Handed Players. Applications of Research in Music Education 28 (1), 1, 9–16. Luettu 26.8.2013. <http://web.ebscohost.com.elib.tamk.fi/ehost/detail?sid=a208fba4-cccf-4405-b814-09a07413e340%40sessionmgr14&vid=1&hid=21&bdata=JnNpdGU9ZWWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#db=afh&AN=67546563>
- Hamill, J. & Kuntzen K. 2009. Biomechanical Basis of Human Movement. 3<sup>rd</sup> Edition. Lippincott Williams & Wilkins.

Hervonen, A. 2004. Tuki- ja liikuntaelimestön Anatomia. Tampere: Lääketieteellinen oppimateriaalikustantamo Oy.

Himberg, T. 2008. Mitä musiikki on? Julkaistu 11.9.2008. Luettu 17.11.20013. <http://mindsync.wordpress.com/2008/09/11/mita-musiikki-on/>

Hirvikangas, A. 2007. Soita ja voi hyvin. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Pedagoginen opinnäytetyö. [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20095/jamk\\_1202884324\\_8.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20095/jamk_1202884324_8.pdf?sequence=1).

Jacquelin, P. 1998. The Contribution of Dynamic Electromyography to Gait Analysis. Baltimore: Williams & Wilkins.

Jolij, J. & Meurs, M. 2011. Music alters visual perception. University of Groningen. Julkaistu 22.4.2011. Luettu 2.12.2013. [http://www.rug.nl/news-and-events/news/archief2011/058\\_jolij?lang=en](http://www.rug.nl/news-and-events/news/archief2011/058_jolij?lang=en)

Jones, C-A. 2001. Music and medicine: Preventing Performance Injuries. Teaching Music 9 (2), 22. <http://web.ebscohost.com.elib.tamk.fi/ehost/detail?sid=cc996163-a3b7-41a7-aa74-bca5bf245063%40sessionmgr14&vid=1&hid=14&bdata=JnNpdGU9ZWWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#db=afh&AN=5308517>

Juujärvi, P., Nummenmaa L. 2004. Emootiot, emotion säätely ja hyvinvointi. Psykologia /01/04, s. 59-60. Tulostettu 4.4.2014. [http://users.utu.fi/latanu/PDFs/juuj%E4rvi\\_nummenmaa\\_s%E4%E4tely\\_Psykologia\\_04.pdf](http://users.utu.fi/latanu/PDFs/juuj%E4rvi_nummenmaa_s%E4%E4tely_Psykologia_04.pdf)

Kallinen, K. 1998. Perusemotionaalisten karaktäärien yhteys musiikin rakenteellisiin piirteisiin ja fysiologisiin vaikutuksiin. Humanistinen tiedekunta. Musiikkitieteen laitos. Jyväskylän yliopisto. Pro Gradu. Tallennettu 17.1.2014. <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/10037/970.pdf?sequence=1>

Kilpiö, L. 23.9.2011. Säveltäjän mietteitä. Suomen Säveltäjät Ry. Luettu 17.1.2014. <http://www.composers.fi/fi/saveltajat/saveltajien-artikkelit/>

Krumhansl, C. L. 1997. An Exploratory Study of Musical Emotions and Psychophysiology. The Institute for Music & Brain Science. Tulostettu 14.11.2013. [http://www.brainmusic.org/EducationalActivitiesFolder/Krumhansl\\_emotion1997.pdf](http://www.brainmusic.org/EducationalActivitiesFolder/Krumhansl_emotion1997.pdf)

Krumhansl, C. L. 2002. Music: A Link Between Cognition and Emotion. University of Toronto. Tulostettu 18.9.2013. <http://www.erin.utoronto.ca/~w3psyuli/MusicPerception.pdf>

Kyrö, R. Musiikin lehtori. 2013. Haastattelu 24.9.2013. Haastattelijat Hytönen, A. & Häkkinen, R. Tampere. Pianolaboratorio.

- Kärkkäinen, H., Perttunen, J., Ruippo, M. & Saari, T. 2013. Tampereen musiikkiakatemian pianopedagogisen laboratorion tutkimushanke; pianonsoiton kuormittavuus ja palautuminen. Konsertoivan pianistin työhyvinvointitutkimus. Julkaisematon.
- Lamont, A. 2012. Emotion, engagement and meaning in strong experiences of music performance. *Psychology of Music* 40 (5), 574-594.
- Lehrdahl, F. 2001. *Tonal Pitch Space*. Oxford New York: Oxford University Press, Inc.
- Magee, D. J. 2008. *Orthopedic Physical Assessment*. 5<sup>th</sup> Edition. Missouri: Saunders Elsevier.
- McComas, A. J. 1996. *Skeletal Muscle. Form and Function*. Human Kinetics.
- Mitä on ergonomia? 2013. Työterveyslaitos. Päivitetty 26.6.2013. Luettu 7.8.2013. [http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/mita\\_ergonomia\\_on/sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/mita_ergonomia_on/sivut/default.aspx).
- Netter, F. 2011. *Atlas of Human Anatomy*. 5th Edition. Saunders Elsevier Inc.
- Palmer, J. n.d. *All Music Guide to Classical Music: Rhapsody for piano in B minor, Op. 79/1*. Answers corporation. Päivitetty 2014. Luettu 31.1.2014. <http://www.answers.com/topic/rhapsody-for-piano-in-b-minor-op-79-1>
- Porander, K. 2008. Yleistä ergonomiasta: yleistä hyvästä soitto- ja lauluasennosta. Luettu 3.5.2013. <http://www2.siba.fi/harjoittelu/index.php?id=93&la=fi>.
- Porander, K. Tiedätkö soiton harjoittelusta riittävästi? Piano. Päivitetty 14.11.2008. Luettu 16.12.2013. <http://www2.siba.fi/harjoittelu/index.php?id=102&la=fi>
- Roemann, F. 1991. Making the connection. *Music Educators Journal* 77 (5), 21.
- Samama, A. 2001. *Vireästi musisoimaan!* Jyväskylä: Gummerus.
- Tammen musiikkitietosanakirja. 1983. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Vastamäki, M. 1999. *Muusikon käsi*. Luettu 6.8.2013. [http://www.muusikkojenliitto.fi/muusikko/muusikko\\_99/mus\\_kasi.html](http://www.muusikkojenliitto.fi/muusikko/muusikko_99/mus_kasi.html)
- Vastamäki, M. 2001. Soittajan käsiongelmien. *Lääkärilehti* 48/2001 VSK 56, 4993–4997.
- Watson, A. 2006. What can studying musicians tell us about motor control of the hand? *Journal of Anatomy* 208 (4), 527–542.
- Witten, D. 1997. *Nineteenth-century Piano Music: Essays in Performance and Analysis (Perspectives in Music Criticism and Theory)*. Editoinut David Witten. Routledge, Taylor & Francis Group.
- Wristen, B. G. 1998. *Overuse injuries and piano technique: a biomechanical approach*. Texas Tech University. Luettu 3.1.2014. <http://repositories.tdl.org/ttu-ir/handle/2346/10941>

## LIITTEET

## Liite 1. Brahmsin rapsodian op. 79 nro 1

**ZWEI RHAPSODIEN**  
OPUS 79  
Elisabeth von Herzogenberg gewidmet  
Komponiert 1879

1.

**Agitato**

Vervielfältigungen jeglicher Art sind gesetzlich verboten.



4

25 *sostenuto sempre*

27 *p*

31 *poco rit.*

35 *in tempo*

39 *f*

43 *p mezza voce*

This page contains five systems of musical notation for piano, likely from a 19th-century manuscript. The notation is written on grand staves (treble and bass clefs joined). The key signature is B-flat major (two flats). The systems are numbered 57, 61, 65, 69, and 73 in the top left corner of each system.

- System 57:** Features a *cresc.* marking in the bass staff and a *f* (forte) marking in the treble staff. It includes triplet markings (3) and an 8-measure rest.
- System 61:** Includes a *f* marking in the treble staff and a *sempre cresc.* (sempre crescendo) marking in the bass staff. It features triplet markings (3) and an 8-measure rest.
- System 65:** Continues the melodic and harmonic development with various chordal textures and moving lines in both staves.
- System 69:** Features a *ff* (fortissimo) marking in the bass staff and a *f* marking in the treble staff. It includes an 8-measure rest.
- System 73:** Concludes the page with a *ff* marking in the bass staff and a *fz* (forzando) marking in the treble staff. It features rapid sixteenth-note passages in both staves.



67

72

*cresc.*

77

*f*

*più f*

82

87

*f*

*dim.*

*rit.*

92

*molto dolce espress.*

*col Ped.*

This page of musical notation consists of six systems of staves, each with a treble and bass clef. The key signature is three sharps (F#, C#, G#). The notation includes various musical symbols such as notes, rests, slurs, and dynamic markings.

The systems are numbered as follows:

- System 1 (Measures 98-103): Features a melodic line in the treble and a rhythmic accompaniment in the bass. Measure 103 includes a first ending bracket.
- System 2 (Measures 104-109): Measure 104 includes a first ending bracket. Measure 107 includes the instruction *cresc.* (crescendo).
- System 3 (Measures 110-115): Measure 113 includes the instruction *dim.* (diminuendo).
- System 4 (Measures 116-121): Measure 116 includes the instruction *p* (piano). Measure 117 includes *cresc.*. Measure 120 includes *dim.* and *dolce* (dolce). Measure 121 includes a first ending bracket.
- System 5 (Measures 122-127): Measure 122 includes a first ending bracket. Measure 126 includes the instruction *p*. Measure 127 includes *dim.*.
- System 6 (Measures 128-133): Measure 128 includes a first ending bracket. Measure 130 includes the instruction *poco rit.* (poco ritardando). Measure 132 includes the instruction *pp* (pianissimo). The system concludes with a double bar line and a repeat sign.



*in tempo*

128 *f*

133 *cresc.*

140 *fp*

146 *sostenuto* *p*

151 *sempre* *p*

158 *pp*

*poco rit. - - - in tempo*

161

169

*p mezza voce*

174

*cresc.*

179

*sempre cresc.*

185

188



This page of musical notation consists of six systems of staves, each containing a grand staff (treble and bass clefs). The music is written in a key with two sharps (F# and C#) and a 3/4 time signature. The notation includes various musical elements such as dynamics, articulation, and fingerings.

- System 1 (Measures 192-195):** Features a forte (*ff*) dynamic. The right hand has a melodic line with many accidentals, while the left hand plays a rhythmic accompaniment. A crescendo hairpin is visible at the end of the system.
- System 2 (Measures 196-200):** Continues the melodic and rhythmic patterns. The right hand has a triplet of eighth notes in measure 196.
- System 3 (Measures 201-205):** Includes a *cresc.* (crescendo) marking. The right hand has a triplet of eighth notes in measure 201.
- System 4 (Measures 206-210):** Features a forte (*f*) dynamic. The right hand has a triplet of eighth notes in measure 206.
- System 5 (Measures 211-215):** Includes a *piu f* (pianissimo forte) marking. The right hand has a triplet of eighth notes in measure 211.
- System 6 (Measures 216-220):** Continues the musical themes. The right hand has a triplet of eighth notes in measure 216.

214 *sf* *fp*

216 *p* *leggiere pp*

222

223

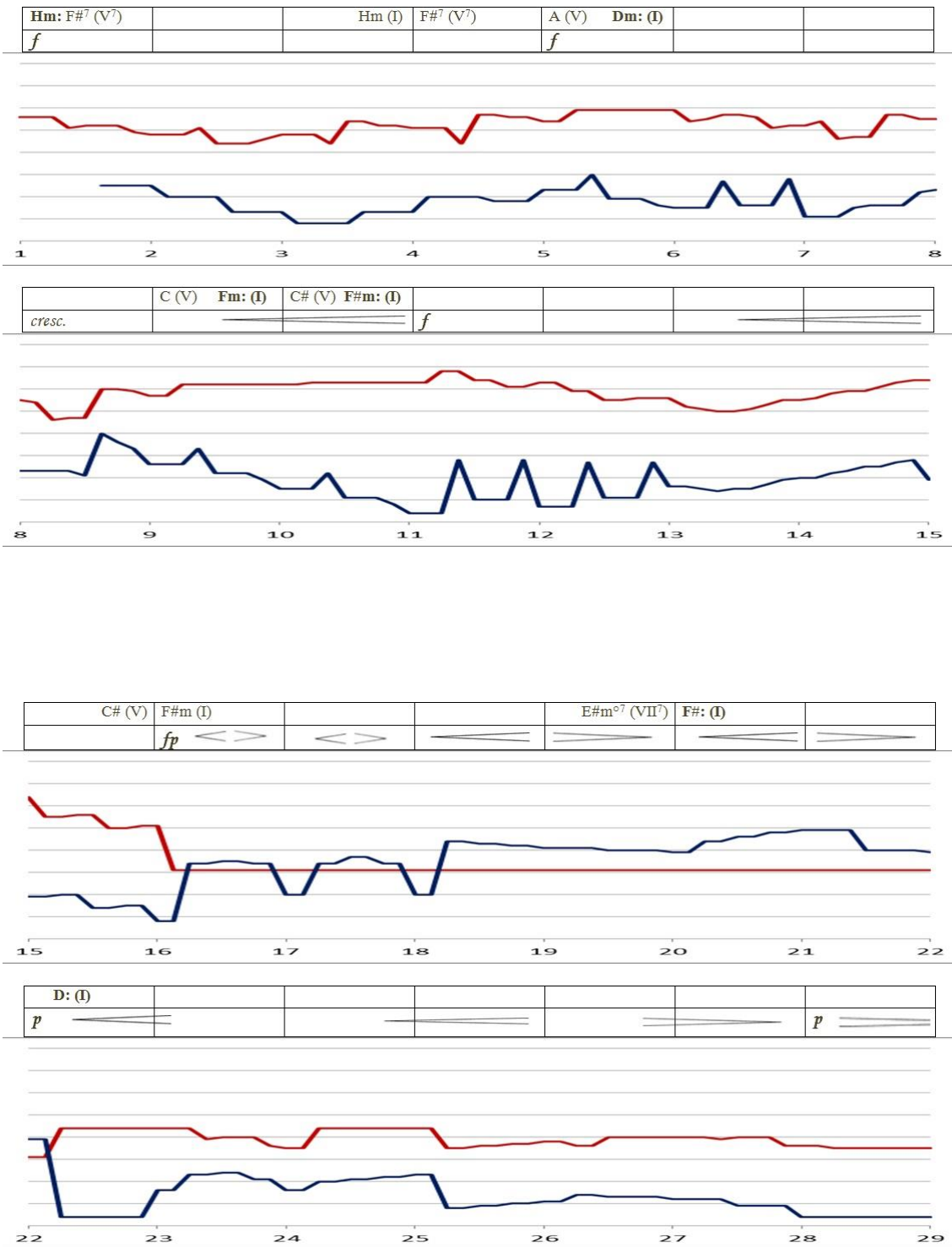
224 *poco a poco* *ri - tar -*

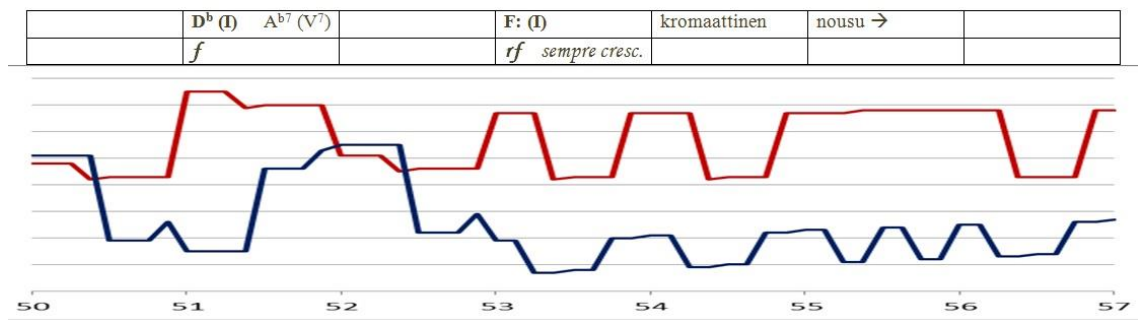
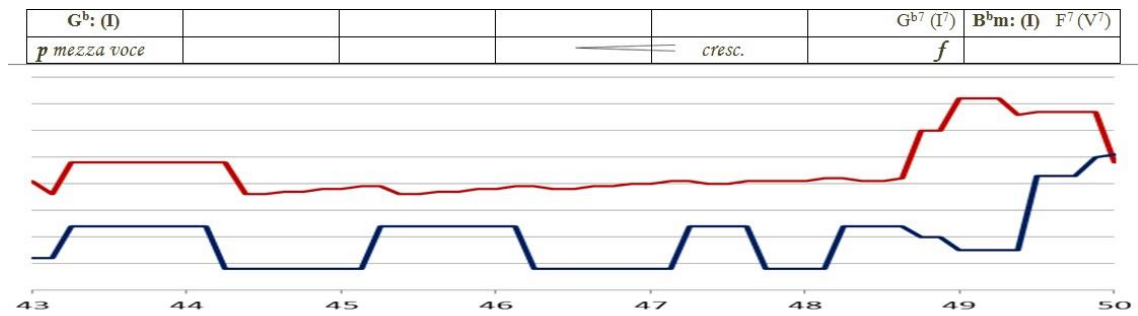
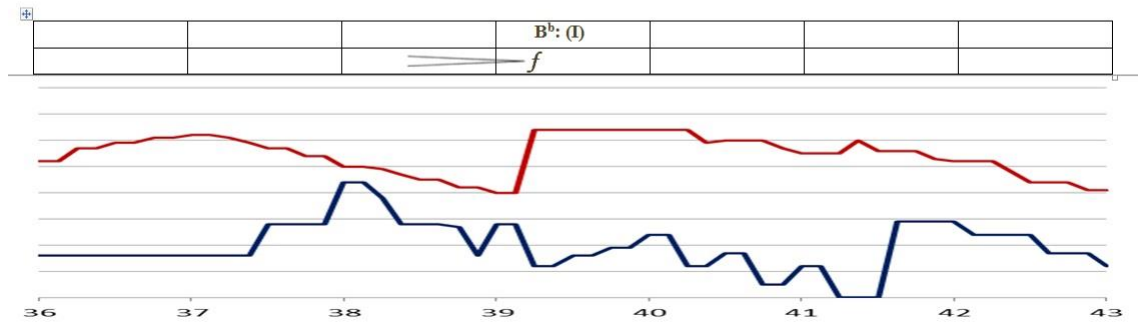
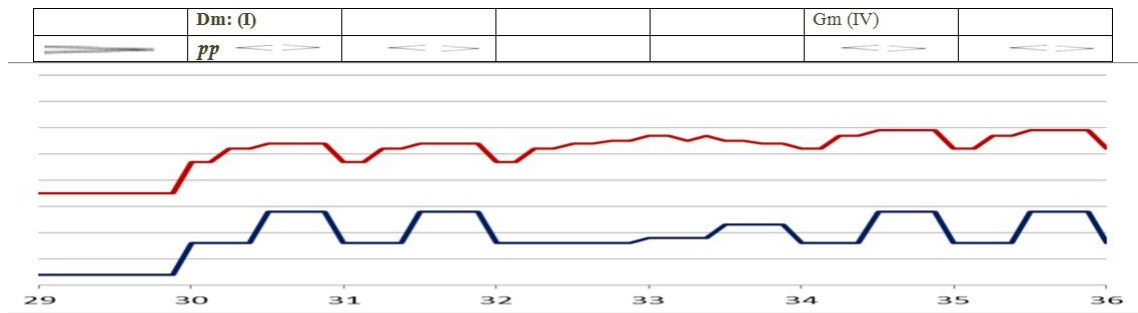
*dim. poco a poco*

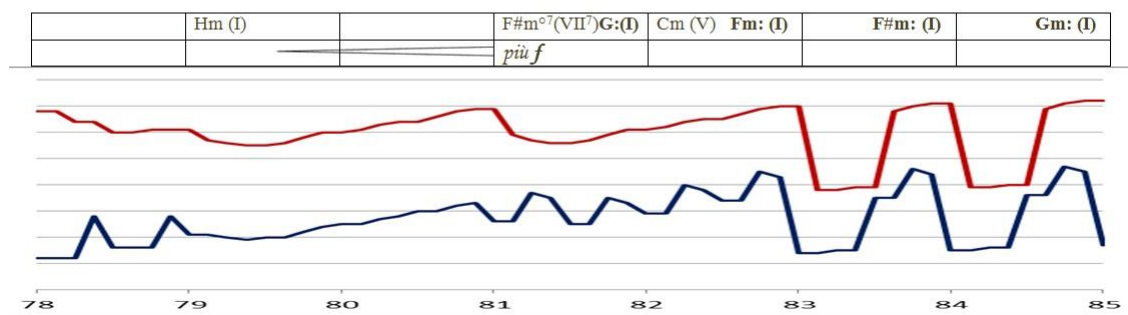
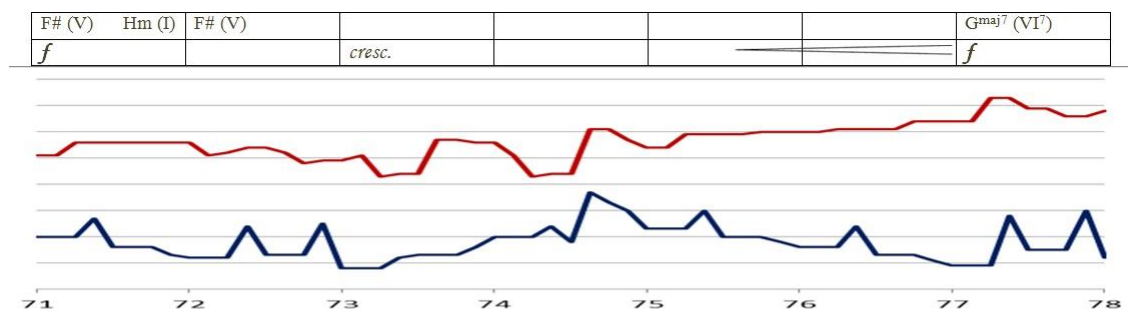
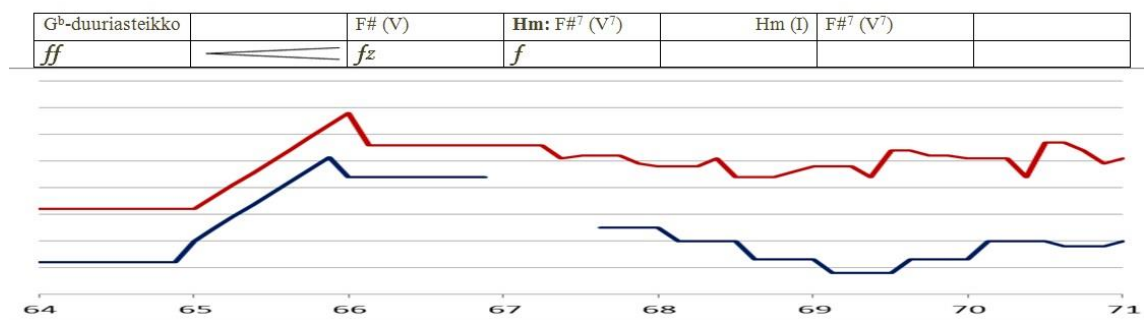
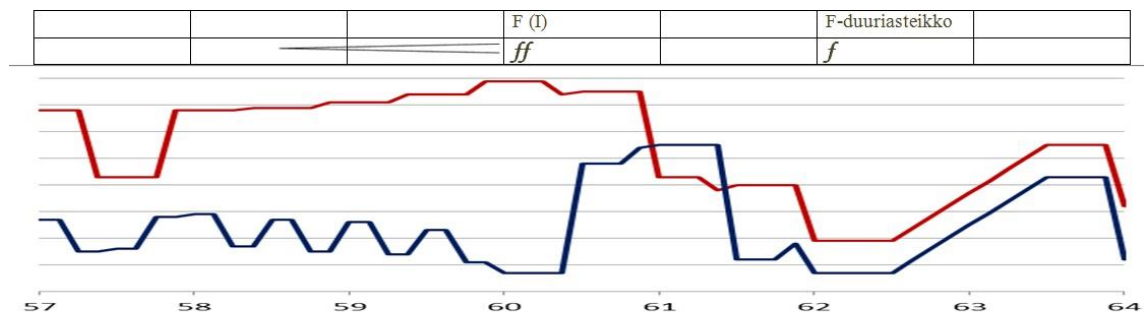
225 *dan - do* *pp*

The musical score is for piano and voice. It consists of six systems of staves. The first system (measures 214-215) features a piano introduction with a forte (*sf*) and fortissimo (*fp*) dynamic. The second system (measures 216-217) shows the piano accompaniment with a piano (*p*) and very light (*leggiere pp*) dynamic. The third system (measures 222-223) continues the piano accompaniment. The fourth system (measures 224-225) introduces the voice with the lyrics "poco a poco ri - tar -". The fifth system (measures 226-227) continues the voice and piano accompaniment with the lyrics "dan - do". The sixth system (measures 228-229) concludes the piece with a piano (*pp*) dynamic. The score includes various musical notations such as treble and bass clefs, key signatures, time signatures, and dynamic markings.

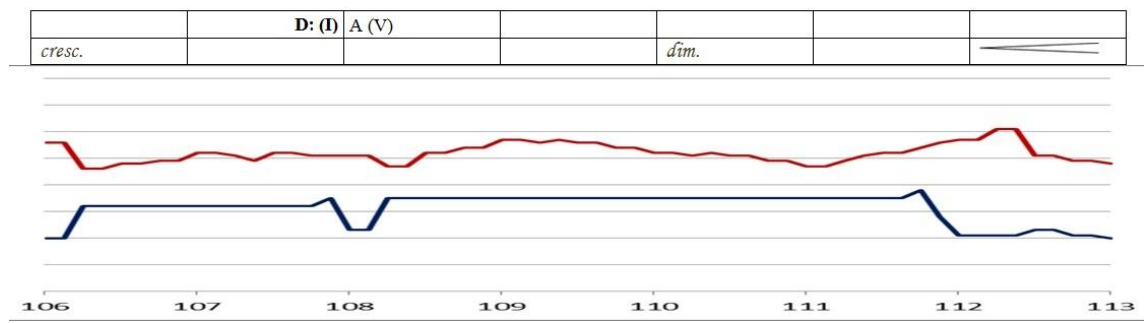
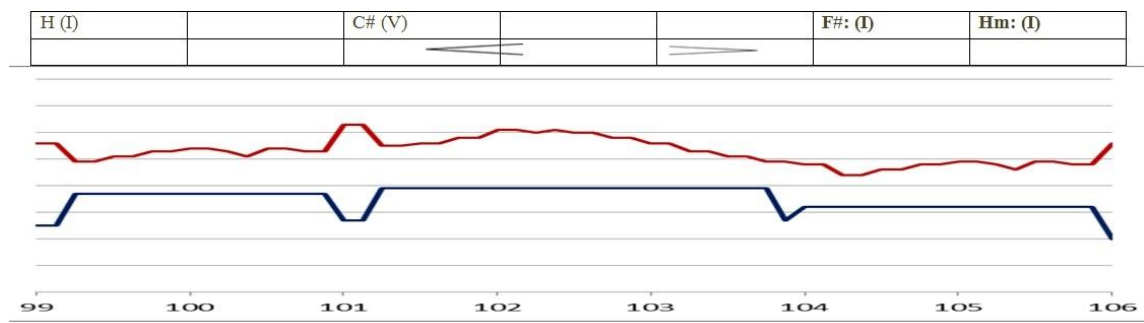
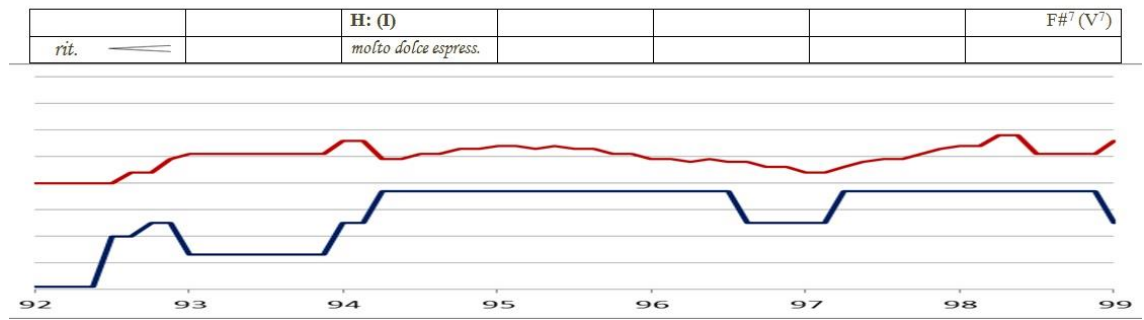
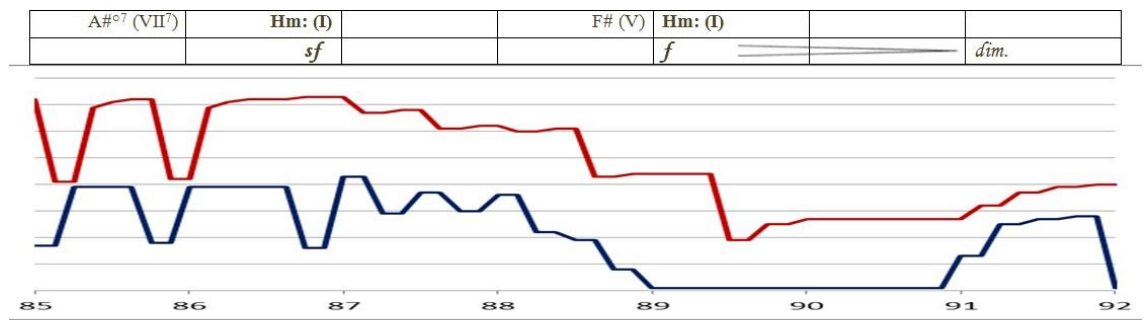
Liite 2. Musiikillisen jännitteen kolmen parametrin malli



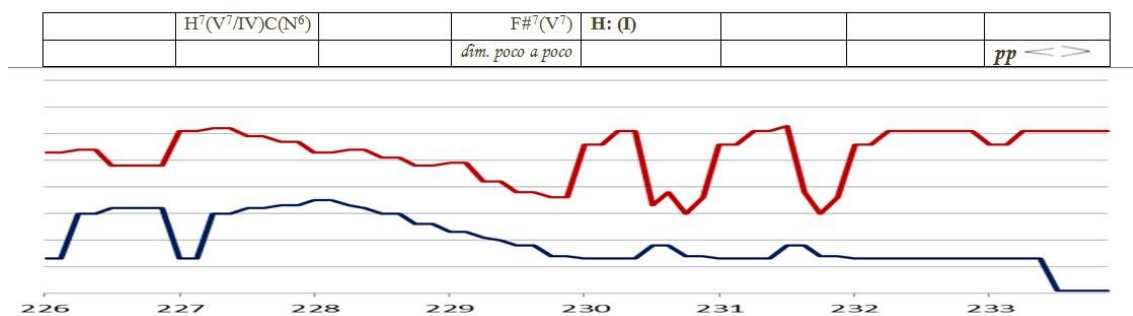
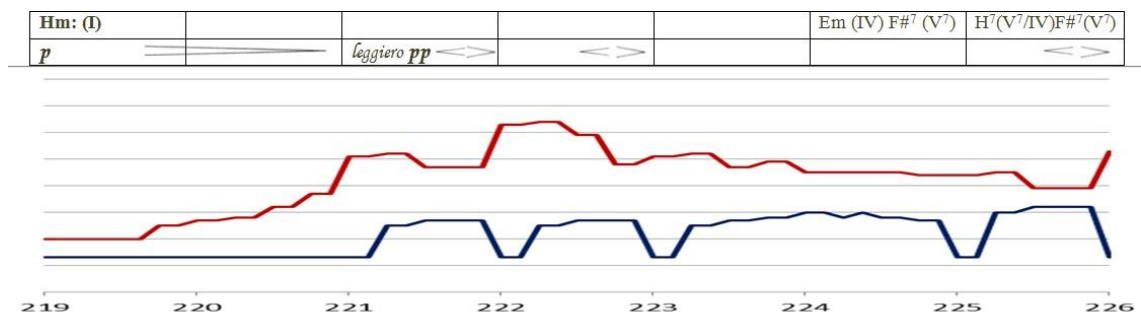
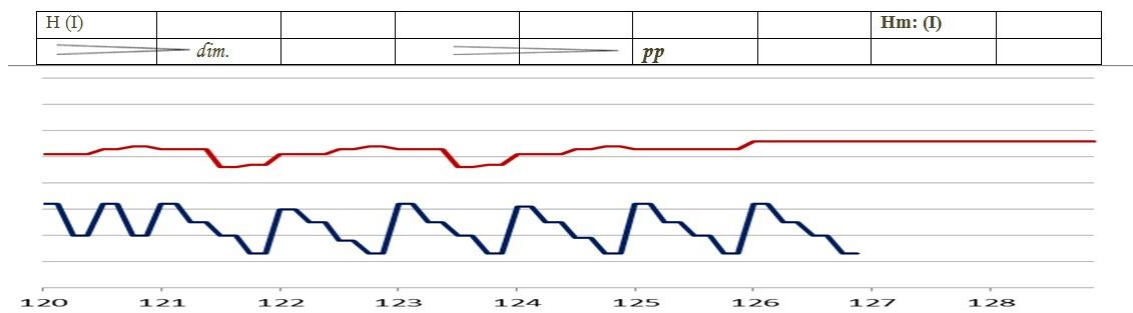
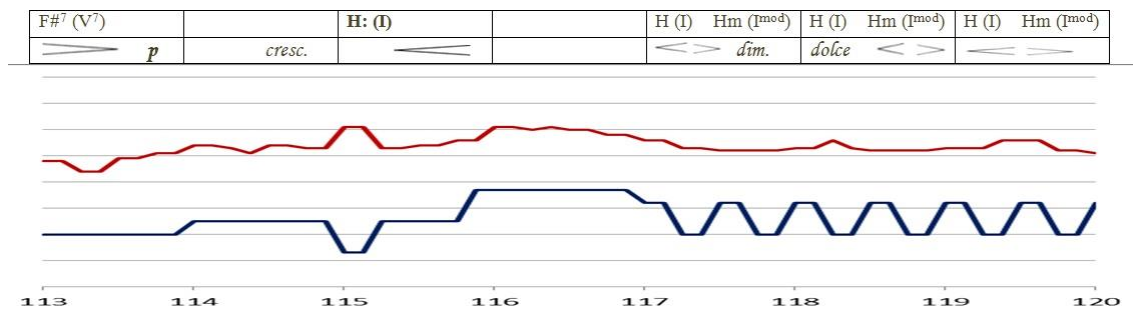












### Liite 3. Esitietolomake pianisteille

Nimi:

Päivämäärä:

Ikä:

#### SOITON HARJOITTELU JA MAHDOLLISET VAMMAT

1. Kuinka monta vuotta olet harrastanut pianonsoittoa?

\_\_\_\_\_ vuotta \_\_\_\_\_ kuukautta

2. Kuinka monta vuotta olet opiskellut soittamista

musiikkiopistossa \_\_\_\_\_

toisen asteen oppilaitoksessa \_\_\_\_\_

musiikkikorkeakoulussa \_\_\_\_\_?

3. Kuinka paljon soitat nykyään keskimäärin viikoittain?

\_\_\_\_\_ päivänä, \_\_\_\_\_ tuntia \_\_\_\_\_ minuuttia

#### Soitosta mahdollisesti aiheutuvat oireet

4. Onko sinulla ollut soittamisesta aiheutuvia fyysisiä oireita, jotka ovat rajoittaneet tai häirinneet soittoasi?

Kyllä

Ei

Jos vastasit kyllä, kerro lyhyesti missä kehon osassa oireet ilmenevät. Kerro myös millaisissa kappaleiden kohdissa oireet ilmenevät (esim. toistuvat oktaavit, juoksutukset, toistuvat soinnut jne.) ja kuinka usein oireet ilmenevät?

---

---

---

---

5. Onko sinulle koskaan aiheutunut soittamisesta fyysisiä oireita, joiden takia sinun on täytynyt keskeyttää soittaminen useammaksi päiväksi, viikoksi tai kuukau-  
deksi? Jos vastaat kyllä, vastaa myös kysymyksiin 6–9.

Kyllä

Ei

6. Onko sinulla ollut viimeisen kuukauden aikana fyysisiä oireita, joiden takia si-  
nun on täytynyt keskeyttää harjoittelusi?

Kyllä

Ei

7. Onko sinulla todettu olevan rasitusvammaa, jonka vuoksi olet joutunut pitämään  
taukoa soittamisesta? Jos vastaat kyllä, kirjaa vastauksesi perään kauanko vam-  
man toteamisesta on kulunut aikaa?

Kyllä

Ei

8. Onko sinulla ollut jotain muuta vammaa, joka on estänyt sinua soittamasta  
(esim. murtumat, revähdykset, venähdykset)? Jos vastaat kyllä, kerro millainen  
vamma, missä kehon osassa ja milloin tapahtunut?

Kyllä

Ei

---

---

---

---

9. Jos edellä esitetyt kysymykset eivät täsmää siihen vammaan, joka on estänyt soi-  
ton harjoittelusi, kerro, mistä soiton keskeyttäminen on johtunut.

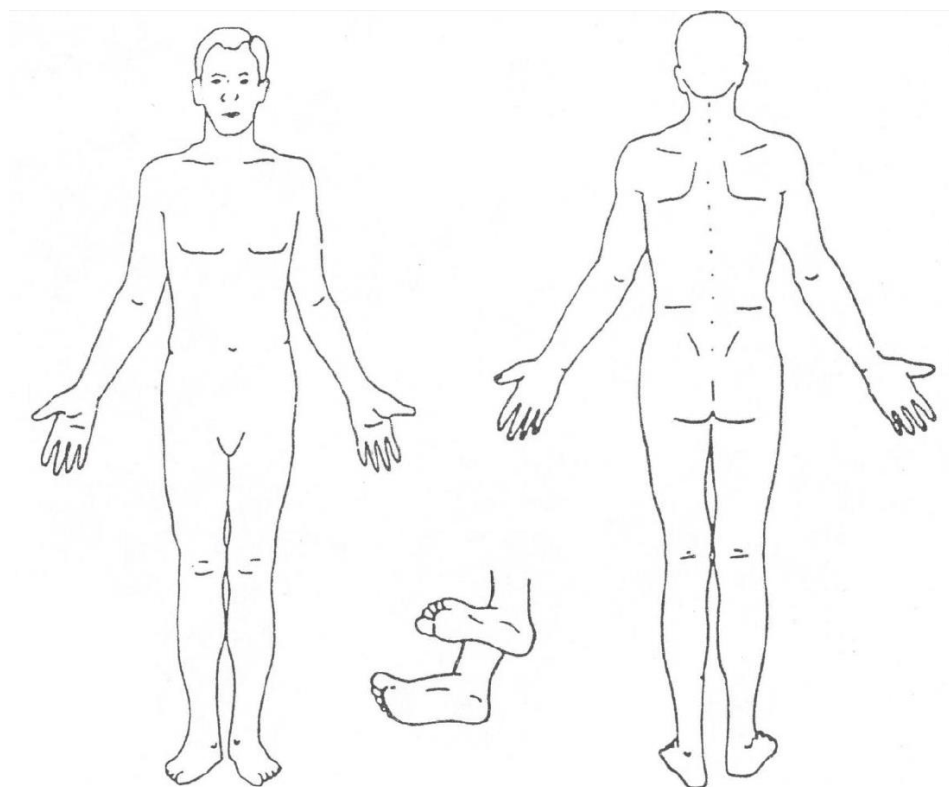
---

---

---

---

10. Jos sinulla on ollut viimeisen kuukauden aikana soittoa häiritseviä fyysisiä oireita, merkitse seuraavaan kuvaan, missä kehon osassa oireet ovat ilmenneet. Kuva lyhyesti, millaisia tunteuksia oireet aiheuttavat (esim. puutuneisuus, pistely, tunnottomuus, voimattomuus). Jos soitto on aiheuttanut sinulle kipua jossain kehon osassa, pyri erittelemään millaista tunteitasi kipu on ollut (esim. repivää, pistävää, viiltävää, sähköttävää jne).



11. Jos sinulla on ollut kipu-tunteuksia soittaessasi, merkitse alla olevalle viivalle, kuinka pahana kivun olet kokenut.

Ei lainkaan kipua

Pahin mahdollinen kipu



## LIIKUNTATOTTUMUKSET

Kuinka paljon liikut kaikkiaan viikoittain? Ajattele viimevuotta. Ympyröi kaikki tilannetasi vastaavat kohdat 2. –6. ja merkitse viivoille liikuntasi määrä. Ota huomioon säännöllinen viikoittain toistuva fyysinen rasitus, joka kestää vähintään 10 minuuttia kerrallaan.

1. En liiku juuri yhtään viikoittain.
2. Harrastan rauhallista kestävyysliikuntaa (esim. rauhallista kävelyä - ei hengästymistä tai hikoilua)  
\_\_\_\_\_ päivänä viikossa, \_\_\_\_\_ tuntia \_\_\_\_\_ minuuttia viikossa
3. Harrastan ripeää ja reipasta kestävyysliikuntaa (esim. reipasta kävelyä - jonkin verran hikoilua, hengästymistä)  
\_\_\_\_\_ päivänä viikossa, \_\_\_\_\_ tuntia \_\_\_\_\_ minuuttia viikossa
4. Harrastan rasittavaa kestävyys liikuntaa (esim. hölkkä tai juoksu - runsasta hikoilua ja hengästymistä)  
\_\_\_\_\_ päivänä viikossa, \_\_\_\_\_ tuntia \_\_\_\_\_ minuuttia viikossa
5. Harrastan lihaskuntoharjoittelua (esim. kuntosalilla käynti tai kuntopiiri kotona - useampaan lihasryhmään kohdistuvia harjoitteita 8–12 toistoa harjoitettavaa lihasryhmää kohden)  
\_\_\_\_\_ päivänä viikossa, \_\_\_\_\_ tuntia \_\_\_\_\_ minuuttia viikossa
6. Harrastan tasapainoharjoittelua tai muuta liikehallintaa kehittävää liikuntaa (esim. tanssi, taiji, jooga, maila- ja pallopelit jne.)  
\_\_\_\_\_ päivänä viikossa, \_\_\_\_\_ tuntia \_\_\_\_\_ minuuttia viikossa

Mainitse kolme tavallisinta liikkumistottumustasi, joista ensimmäistä harrastat eniten, ja kolmatta vähiten.

- 1.
- 2.
- 3.

Kuinka monta tuntia istut keskimäärin päivittäin? Rengasta sopivin vaihtoehto.

0–2 tuntia      2–4 tuntia      4–6 tuntia      6–8 tuntia      8–10 tuntia      +10 tuntia

## **RYHDIN HAVAINNOINTI**

Huomioita seisomaryhdistä:

Huomioita istumaryhdistä:

Huomioita ryhdissä pianon ääressä:

## NIVELTEN LIIKKUVUUS, KÄSIEN PURISTUSVOIMA JA KÄSIEN KOKO

Sulkuihin merkitty liikelaajuuksista asteina.

### Kaularanka

Ekstensio: (70–85)

Fleksio: (n. 80)

Lateraalifleksiot: (40–45)

Oikealle:

Vasemmalle:

Rotaatiot : (n. 90)

Oikealle:

Vasemmalle:

### Selkäranka

#### Olkanivel

Ekstensio: (30–60)

Oikea:

Vasen:

Fleksio: (165–180)

Oikea:

Vasen:

Abduktio: (150–180)

Oikea:

Vasen:

Adduktio: (n. 75)

Oikea:

Vasen:

Sisäkierto: (n. 90)

Oikea:

Vasen:

Ulkokierto: (n. 90)

Oikea:

Vasen:

Horisontaali

fleksio: (n.135)

Oikea:

Vasen:

Horisontaali

ekstensio: (n.45)

Oikea:

Vasen

### **Kyynärnível**

Fleksio - ekstensio: (n. 145)

Oikea:

Vasen:

### **Ranne**

Fleksio: (60–90)

Oikea:

Vasen:

Ekstensio: (60–90)

Oikea:

Vasen:

Radiaali deviaatio: (20–30)

Oikea:

Vasen:

Ulnaari deviaatio: (30–40) Oikea:

Vasen:

### **Puristusvoima (kg)**

Vasen käsi:

Oikea käsi:

1.

1.

2.

2.

3.

3.

Keskiarvo:

Keskiarvo:

### **Sormien ulottuvuus (cm)**

Sormien 1 ja 2 välinen etäisyys:

Oikea käsi:

vasen käsi:

Sormien 2 ja 3 välinen etäisyys:

Oikea käsi:

Vasen käsi:

Sormien 3 ja 4 välinen etäisyys:

Oikea käsi:

Vasen käsi:

Sormien 4 ja 5 välinen etäisyys:

Oikea käsi:

Vasen käsi:

Sormien 1. ja 5. päiden välinen etäisyys:

Oikea käsi:

Vasen käsi



#### Liite 4: Pianolaboratorion taltiointikokonaisuuteen kuuluva laitteisto

Korjaus nro:	Muutos tai lisäys:	Pvm:	Tekijä:
<p>AXIS Q1755 HD IP KAMERA 4 SEINÄTELINE 4 SyncMaster 40" Wide 400DX-2 FullHD, Speakers Black 2 VOGELS EFW 6345 LCD seinäkiinnike pianohuoneeseen2 LG L1730SF KOSKETUSOHJAUSNÄYTTÖ 1 Ergotron PIANOHUONEEN OHJAUSPISTE 1 AKG C 451 Bstp Matched pair of C 451 B 1 KATTOTELINE EDELLISELLE1</p> <p><b>OHJAUSJÄRJESTELMÄ</b> AVACK OHJAUSTIETOKONE 1 LOGITECH langaton hiiri + näppäimistö ASUS P6T7 WS 1 INTEL CORE I7-975 3.33G 8M LGA1366 BOX 1 CHIEFTEC AEGI CH-05B-B-OP 1 ZALMAN ZM850-HP 850W 1 BM pro1 SEA BARRACUDA 7200.10 160GB PATA 2MB 1 KVR1333D3E9SK2/4G 4GB 1333MHZ DDR3 1 avack hiiri 1 mininäppis 1 Winkkari 1 SAPPHIRE HD 3850 PCIE 512M GDDR-3 2X DVI 1 OHJAUS/TALLENNUSOHJELMISTO 1 LACIE 2BIG NETWORK II RAID 1 ATEN CE-700 KVM EXTENDER 1 SAMSUNG SM 19" 943B Ohjausnäyttö 1 AV LAN KYTKIN 1 AVACK IP RS 1 3 AVACK IP RS 2 1</p> <p><b>TARKKAAMO</b> SyncMaster 40" Wide 400dX-2 FullHD, Speakers Black 1 VOGELS EFW 6325 LCD seinäkiinnike tarkkaamoon 1 GENELEC 8030 AKTIIVIKAIUTIN PÖYTÄTELINEELLÄ 2 EXTRON MDA 3A audiojako2</p> <p><b>SIGNAALITIE</b> EXTRON MAV Plus 88 HDA YUV MATRIISII EXTRON MVC121 RS OHJATTAVA MIKSERI 1 GEFEN DVI/VGA -&gt; YUV MUUNNIN1</p>			

Suunnittelija: Jan Suominen		Piirtäjä: JSS	Kohde ja piirustuksen sisältö: KONSERVATORIO PIANOLABORATORIO LAITELUETTELO		Projektin numero: Päiväys: 17.6.2011		Mittakaava: 1:1
AVACK Oy 03-3580800 www.avack.fi			Piirustusnumero: 468-2009-2			Lehti: 1/1	